

# 三菱電機

— MITSUBISHI - DENKI —

Vol. 23 No. 5

## 目 次

鐵製イグナイトロン整流器冷却方式について……………	加 藤 又 彦 (1)
電車斷流器の遮斷特性……………	小 川 清 一 (14)
鋸屑の熱常數に及ぼす濕潤の影響……………	尾 島 學 二 (19)
(第II報) 濕潤による熱傳導率の變化……………	長 沼 辰 二 郎 (19)
代用ファイツシュ紙について……………	明 石 克 寛 (27)
尾 島 學 二 (27)	野 口 英 男 (27)
新型三菱電氣扇……………	奥 田 文 一 (31)
	増 谷 良 久 (31)
	堀 田 鉦 太 郎

### 新 製 品 紹 介

MD-1 型 出發信號裝置……………	表紙 二
P-100-F(10吋) スピーカー……………	表紙 三

1949

三菱電機株式会社

# MD-1 型出發信號裝置

この出發信號裝置は 昭和24年7月新設完成した丸ビル乗  
用可變電壓齒車ナシ式エレベータ3臺に設置された當社の  
本邦唯一の自動信號裝置で 當社エレベータの優秀なる性  
能と相俟つて、本裝置の併用は益々輸送能力を高めるもの  
であります。

## ☆概要

この出發信號裝置は 數臺並列のエレベータにおいて、  
乗客の待つ時間を最も短縮して親切なサービスをする  
と同時にエレベータ輸送能力が最大になるように計畫運  
轉を行う自動信號裝置で、この裝置付エレベータ3臺で  
この裝置なきエレベータ4臺から5臺分のサービスを向上  
させることができます。

## ☆設置位置

これは1階乗場にあつて全エレベータをよく見渡せる  
位置に設置してあります。

この線上につく裝置は獨りつになつています。

## ☆使用機器

・出發操作盤 ・出發制御盤 ・カゴ操作盤

## ☆一般動作説明

- ・この裝置は その時の交通の繁雜状況に應じ出發係  
(出發指令者) が1階乗場にある出發操作盤上の出發  
間隔調整ダイヤルを廻すことにより適切に出發時間間  
隔を調整できるようになつております。
- ・信號の傳達様式は エレベータ乗場とカゴ内の先發  
及び出發燈が同時につくようになっており、カゴが1  
階に到着した順に先發燈、續いて出發燈がつき、非循  
還式であります。
- ・この信號は一時に1臺宛に指令され、1階の乗客は  
乗場の出發燈によつて次に出るエレベータが指示され  
ると同時に、運轉者はカゴ内先發燈によつて次は自分  
の番であることを知るようになっております。
- ・出發の時間には先發燈は消えて出發燈がつき1階を  
離れるが消えるようになっております。
- ・次に到着したエレベータに先發信號が與えられます  
が、一定の出發時間間隔より遅れて來た場合には先發  
燈がついてから約2秒後に出發燈がつくようになって  
おります。この場合出發信號が遲延しても次の出發信  
號の指令される時期には影響しません。
- ・2臺以上同時に先發燈がつかない裝置になつており  
ますからエレベータ運轉開始の場合でも順次に自動的  
に計畫運轉に入っていくことができます。
- ・出發操作盤上の呼戻ボタンを押すことにより、カゴ  
内のブザーが鳴ると同時に出發燈がつき、運轉者は1  
階にすぐ戻らなければならないことを知るようになって  
おります。
- ・休止中のエレベータは自動的に出發信號系統から除  
外され、また計畫運轉から切放して運轉する場合には  
出發操作盤上の切放ボタンを押しておくだけで單獨運  
轉ができるようになっております。
- ・操作盤上の主スイッチを切つておけば全部單獨運轉  
ができます。
- ・以上のように整然と計畫運轉で乗客を輸送しますか  
ら乗客の待合せ時間が平均して非常に  
短縮され、親切なサービスをするこ  
とができるわけであります。



# 鐵製イグナイトロン整流器冷却方式について

我が國にも鐵製イグナイトロン整流器が設備され運轉する様になつた。イグナイトロン整流器の冷却方式については從來の多陽極型水銀整流器と何等本質的に變つた處はない。ただイグナイトロンの構造が單陽極型であるためにその構造、特性に適應した新冷却方式が考えられる。本文は鐵製イグナイトロン整流器の冷却方式の一例を紹介すると共に同冷却水量節減法と負荷特性との關係を記述したものである。

伊丹製作所 加 藤 又 彦

## 1. 緒 言

現用の水銀整流器冷却方式は整流器負荷の變動に相應した水量の調整すなわち冷却度調整は一般に實施されていない狀況である。

従つて從來の冷却方式は時に過冷現象を惹起し整流器の整流機能に阻害し、かつ經費節減という見地から觀ても合理的でないのである。殊に電鐵用および捲揚機用整流器においては短時間尖頭負荷の特性が要求される。かゝる斷續尖頭負荷に對してはとくにこれに適合する整流器冷却方式を採用することが重要で、これによつて信頼度と利用率とをたかめると共に冷却水使用量の節減が可能となり、延いては變電所立地條件を有利にする結果となるのである。

本文においては主として電鐵用鐵製イグナイトロン整流器につきこれが反覆負荷率を假定し、それに基づいて合理的な冷却方式の一例を紹介したものである。

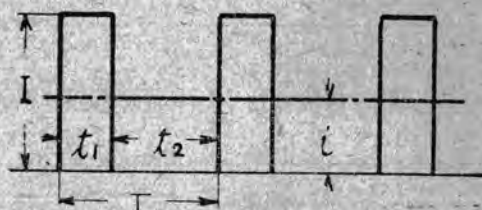
## 2. 整流器の負荷特性

電鐵負荷は一般に短時間尖頭負荷であり、その尖頭負荷期間は比較的短かい場合が多いが電車の運行數、變電所の區間の長短及び線路狀況その他要素により複雑な斷續負荷となり、その反覆負荷周期も一定でない。短時間尖頭負荷による整流器内部到達最高溫度の繼續時間は全運轉時間との比率によつて整流器機能に、將またバッキング性能劣化に影響を及ぼし、整流器の定格がそのため限定されるに到るものである。整流器の定格は一般的に言つて製作者においては設計ならびに構成の基礎であり、使用者側にあつては實用の基礎である。故に電鐵用水銀整流器の負重荷公稱定格及び公稱定格の何れに於ても實際に遭遇する負荷狀況に符合したそれに相應する冷却方式の採用が望ましい次第である。

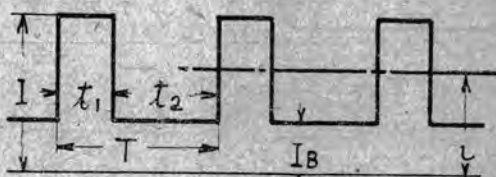
いま變電所負荷を定負荷電流と反覆率とにより次の三種類に分類する。すなわち

- (1) 負荷時以外は無負荷狀況である場合…… 1 圖
- (2) 基底負荷が若干ある場合…… 2 圖
- (3) 基底負荷が大部分でそれに若干の尖頭負荷が重疊した場合…… 3 圖

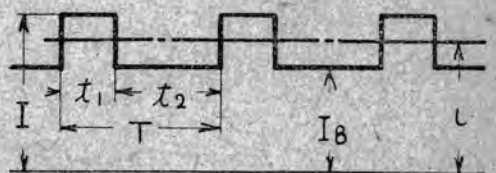
1 圖は捲揚機及び熔接機用イグナイトロン等の代表的負荷特性であり、電鐵用變電所の場合は電車の運行回數が少ないか、または特殊の線路狀況にある場合で整流器は無負荷の時が多く短時間尖頭負荷がかかる場合である



1 圖



2 圖



3 圖

2 圖は電鐵用變電所負荷の代表的なものである。

3 圖は電車の運行がかなり頻繁であり、變電所區間も比較的短かい様な場合である。

$t_r$  = 尖頭負荷時間

$t_2$  = 無尖頭負荷時間



$T$  = 負荷反復周期

$I$  = 負荷電流

$I_B$  = 基底負荷電流

$K$  = 負荷時間率

$i$  = 實効電流値 (この値は各周期の發熱量と等價)

この場合次の數式が考えられる。

$$k = \frac{t_1}{T} = \frac{T - t_2}{T}$$

$$\therefore t_2 = (1 - k) T \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{また } i = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2}{T}} = I \sqrt{K + N^2(1 - K)} \quad (2)$$

$$\text{しかし } N = I_B / I \quad \dots\dots\dots (3)$$

電鐵用整流器における $K$ 及び $N$ の値は電車の運行狀況、電車モーターの容量、線路狀況、變電所容量及び同區間の長短等の諸條件によつて一定ではないが變電所により例えば運輸省變電所、各郊外電車の變電所等によりそれぞれその値にある範圍がある。一例として運輸省上越線甲變電所における $K$ 及び $H$ の數値を挙げれば1表の通りである。

1 表

測定時間	$I$	$t_1$	$K$	$N$	變電所容量
1晝夜間	2000 A	5 分間	約 0.14	0.05 ~ 0.3	2000kw, 1500V 整流器 2 臺設備
同 上	3000 A	1 分間	約 0.003	0.03 ~ 0.2	内 1 臺常時運轉

(2) 式を變形すれば

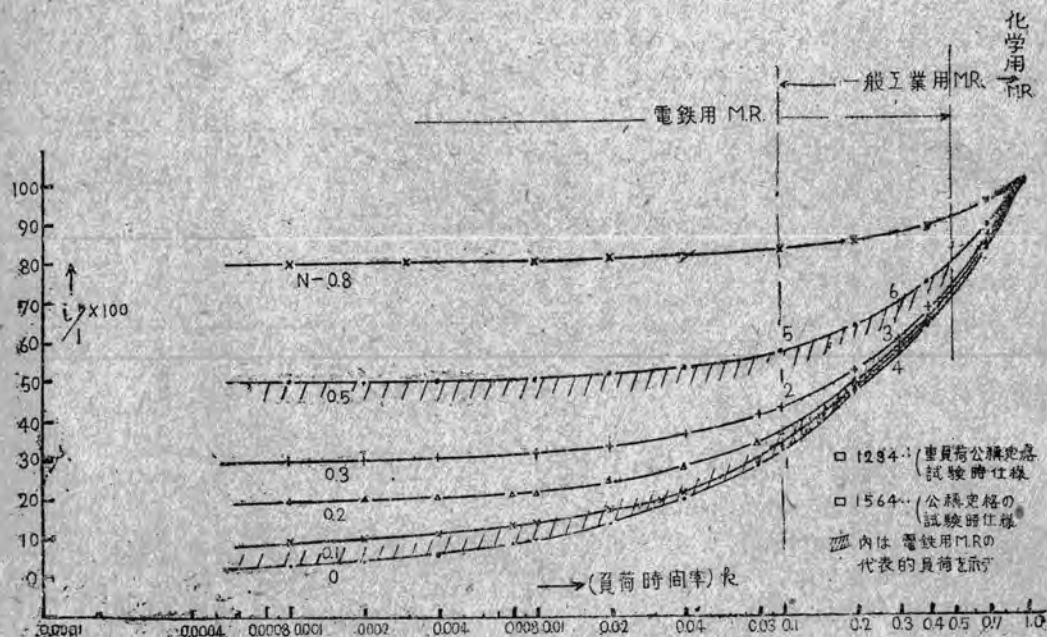
$$i/I = \sqrt{K + N^2(1 - K)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

4 圖は上式の  $i/I$  パーセントと  $K, N$  間の關係を曲線にしたものである。本圖における $K$ の數値によつて整流器の用途別區分が出来る。すなわち $K=1$  ならば連續運轉の化學用水銀整流器、 $1 > K > 0.2$  ならば一般工業用、 $K < 0.5$  は一般の電鐵用水銀整流器の場合である。また  $i/I$  と  $N$  との關係によつて整流器定格の種別が決定される。すなわち

定格負荷狀況	$i/I$	$N$	$K$
重負荷公稱定格試験狀況	60 ~ 30 %	0.3 ~ 0	0.3 ~ 0.1
公稱定格試験狀況	70 ~ 40	0.5 ~ 0	0.3 ~ 0.1

$N=0$  の場合  $K$  の値がある過負荷電流値に對して小さければ小さい程整流器責務は一般に荷酷である。こうした狀況下にあつては整流器内に應々サーヂ電壓が発生し逆派の誘因となる。従つて  $i/I$  に對する  $K, N$  の極限値は整流器内部構造、冷却部構造及び同水溫と密接なる關係にあつて定格及び使用條件を限定するものである。しかし負荷狀況によつて  $K, N$  の値は豫測されるため整流器責務を緩和する一方法として整流器冷却方式の検討が必要である。

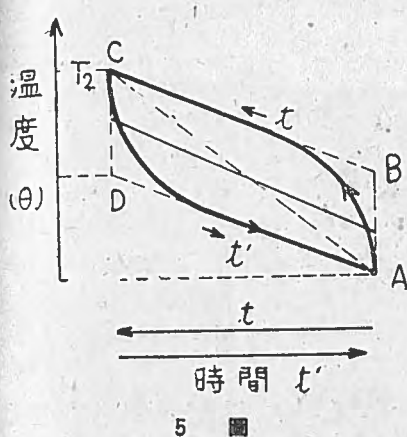
### 3. イグナイトロントクの加熱及び冷却



4 圖

(1) 一定負荷におけるイグナイトロントランクの温度上昇の時間的変化 (冷却度一定の場合)

イグナイトロンに一定負荷がかかる場合は各タレクが分割されているため1タンク内におけるエネルギー損失は一連の脈動として生ずる。この脈動は四周の器壁表面を週期的に加熱し、器壁の熱質流により平均化されやがて冷却水によつて持ち去られるのである。一サイクル内の通電期間とタンク壁温度変化状況を圖解すれば5圖の通りである。すなわちA點の温度( $T_1$ )から通電が開始され1/3 サイクル後にはA→B→Cと變化してC點の温度( $T_2$ )に到達する。その後2/3 サイクルは通電休止期間となりC→D→Aと温度低下しA點に戻る。これが反



5 圖

覆される。この際  $\partial\theta/\partial t$  すなわち温度上昇の時間的變化の割合は通電期間における蒸氣壓上昇瞬時値の論議を興えるものである。

タンクの温度上昇の式としては通常次式が使用される

$$\theta = \frac{E \cdot I}{K \cdot F} \dots \dots \dots (5)$$

上式中 {E=電弧電壓降下, I=平均負荷電流/1タンク, K=熱 常 數, F=等價冷却面積/1タンク

(2) 負荷が變化する場合

(a) 冷却度一定不變の場合

この場合器壁上の任意の一點の温度——時間變化を示す式は次の通りである。

$$C\gamma \cdot V \frac{d\theta}{dt} + \alpha \cdot F \cdot \theta = Q \dots \dots \dots (6)$$

C: 比熱 (kcal/kg°C)  $\gamma$ : 比重 (kg/m³)

V: 體積 (m³)  $\alpha$ : 表面熱傳達率 (kcal/m²h°C)

F: 表面積 (m²)  $\theta$ : 温度上昇 Q: 發生熱量

(kcal/h)  $\theta_1$ : 冷却水溫 t: 時間

(6) 式を最期條件を勘案して解けば

$$\theta = (\theta_m - \theta_1) \left(1 - e^{-\frac{t}{z}}\right) + \theta_1 \dots \dots \dots (7)$$

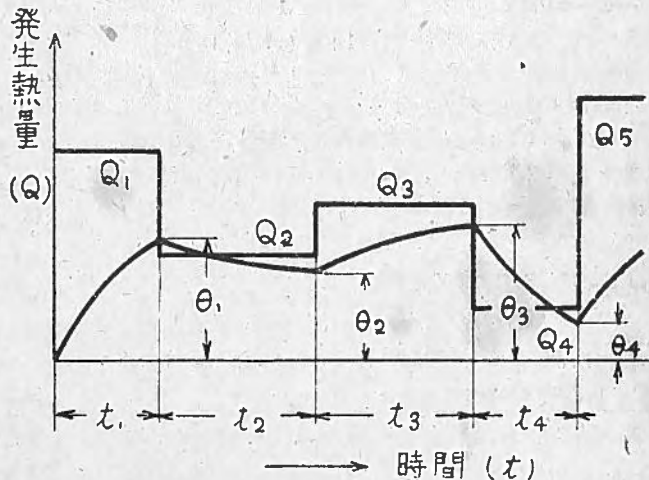
$$\text{しかし } \theta_m = \frac{Q}{\alpha \cdot F} \quad Z = \frac{C \cdot \gamma}{\alpha} \cdot \frac{V}{F} \dots \dots \dots (8)$$

負荷を中斷した場合の温度變化の式は同様に

$$\theta = (\theta_m - \theta_1) e^{-\frac{t}{z}} + \theta_1 \dots \dots \dots (9)$$

また負荷が6圖の如く時間と共に變化する場合、温度上昇が(7) (9)式により變化するものとすれば

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= \theta_{m1} \left(1 - e^{-\frac{t_1}{z}}\right), \quad \theta_{m1} = \frac{Q_1}{\alpha \cdot F} \\ \theta_2 &= \theta_1 e^{-\frac{t_2}{z}} + \theta_{m2} \left(1 - e^{-\frac{t_2}{z}}\right), \quad \theta_{m2} = \frac{Q_2}{\alpha \cdot F} \\ \theta_3 &= \theta_2 e^{-\frac{t_3}{z}} + \theta_{m3} \left(1 - e^{-\frac{t_3}{z}}\right), \quad \theta_{m3} = \frac{Q_3}{\alpha \cdot F} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (10)$$



6 圖

今1圖の如き負荷變化を行つた場合は

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= Q_3 = Q_5 = \dots \dots \dots = Q \\ Q_2 &= Q_4 = Q_6 = \dots \dots \dots = 0 \\ t_1 &= t_3 = t_5 = \dots \dots \dots = t_1 \\ t_2 &= t_4 = t_6 = \dots \dots \dots = t_2 \end{aligned} \right\} \theta_m = \frac{Q}{\alpha \cdot F} \text{ とすれば、}$$

故に一般式としては

$$\theta_{2n} = \theta_{m1} E^{-\frac{t_2}{z}} \left(1 - E^{-\frac{t_1}{z}}\right) \frac{1 - E^{-\frac{t_1+t_2}{z}}}{1 - E^{-\frac{t_1+t_2}{z}}} \dots \dots \dots 11$$

$$\theta_{2n+1} = \theta_m \left(1 - E^{-\frac{t_1}{z}}\right) \frac{1 - E^{-\frac{t_1+t_2}{z}}}{1 - E^{-\frac{t_1+t_2}{z}}} (n+1) \dots \dots \dots 12$$

最後に到達する最大の温度上昇 $\theta_{\infty}$ は

$$\theta_{\infty} = \theta_m \frac{1 - E^{-\frac{t_1}{z}}}{1 - E^{-\frac{t_1+t_2}{z}}} \frac{t_1}{t_1+t_2} \theta_m = K \cdot \theta_m \dots \dots \dots (13)$$

以上は負荷變化に無關係にタンク壁の冷却度を一定とした場合である。この場合Kの値が小さい場合には過冷

という状態に落入る恐れがあり、それを防止するためには冷却水温の最低限度を規定する必要が生ずる。

(b) 負荷の變動に追従して冷却度を變化させた場合。  
この場合は整流器冷却水量を許容範囲内で減少せしめることができる。今1圖における  $t_1$  時間の冷却度を  $\alpha_1$ 、冷却水速を  $v_1$ 、 $t_2$  期間の冷却度及び冷却水速をそれぞれ  $\alpha_2$ 、 $v_2$  とし、 $\alpha_1/\alpha_2 = m$  とおけば冷却水量は斷續週期ごとに  $\left\{ D \cdot t_2 (v_1 - v_2) \right\}$  (しかし  $v_1 > v_2$  D: 通水路斷面積) の水量が節減可能である。また  $t_2$  が  $mt_1$  に延長されたものと考えれば整流器内部の水銀蒸氣壓は同一狀況下にあることになる。従つて (1) (2) 式は次の様に書かえられる。

$$K' = \frac{t_1}{T_0} = \frac{t_1}{t_1 + mt_2} = \frac{1}{1 + m \left( \frac{1}{K} - 1 \right)} \dots (14)$$

$$i' = I_1 \sqrt{K' + (1 - K') N^2} \dots (15)$$

(14) 式により  $K, K', m$  間の關係を曲線にしたものが7圖である。同圖における  $m=1; 1.11; 1.25; 2; 5; 10$  ; は冷却度をそれぞれ100%, 90%, 80%, 50%, 20% 10%とした際の  $K; K'$  の數値を示したもので兩者の差は  $m=1$  の直線から各曲線の横軸迄の長さで表わすことが出来る。すなわち通電休止期間の冷却水速を低減させた場合には4圖の  $K$  の値が  $K'$  の値となり、 $K'$  に相當する  $i/I$  の關係が算定出来ることを示している。

冷却水量を負荷の變動に應じて調整した場合冷却水量節減パーセントは  $[1 - \{K(1 - 1/m) + 1/m\}]$  で示される。冷却水量節減パーセントと負荷時間率との關係を曲線にしたものが8圖である。本圖より明かな如く負荷時間率が0.04以下では殆んど一定である。kが0.5~0.1の範圍においては冷却度を80%以上として大約10%の節水が可能である。

また冷凍機あるいは再冷器を使用して負荷の増加に應じて冷却度を變化させる場合の冷却水温の時間的變化は次の通りである。

整流器負荷を一定として冷凍機の冷却度を  $\alpha_1$  から  $\alpha_2$  ( $\alpha_2 > \alpha_1$ ) に増加させた

場合冷却水温が  $\theta_1$  より  $\theta_2$  に低下したとする。その場合冷却途中の水温  $\theta'$  は(9)式から

$$\theta' = (\theta_1 - \theta_2) E^{-\frac{t}{z_2}} + \theta_2 \dots (16)$$

次に負荷電流が  $\alpha$  倍に増加して  $\theta_2$  より  $\theta_2'$  に落着く途中の水温  $\theta''$  は

$$\theta'' = (\theta_2' - \theta_2) (1 - E^{-\frac{t}{z_2}}) + \theta_2 \dots (17)$$

( $z_2$  は冷却水時常數とする)

しかるに負荷が増加して温度上昇が起る時刻と冷凍機が作動開始する時刻との間には一般に遅れがある。

その場合冷凍機が負荷の増加と同時に作動開始し  $t_1$  時間後にはじめて温度上昇が起ると假定すれば (16) (17) 式から

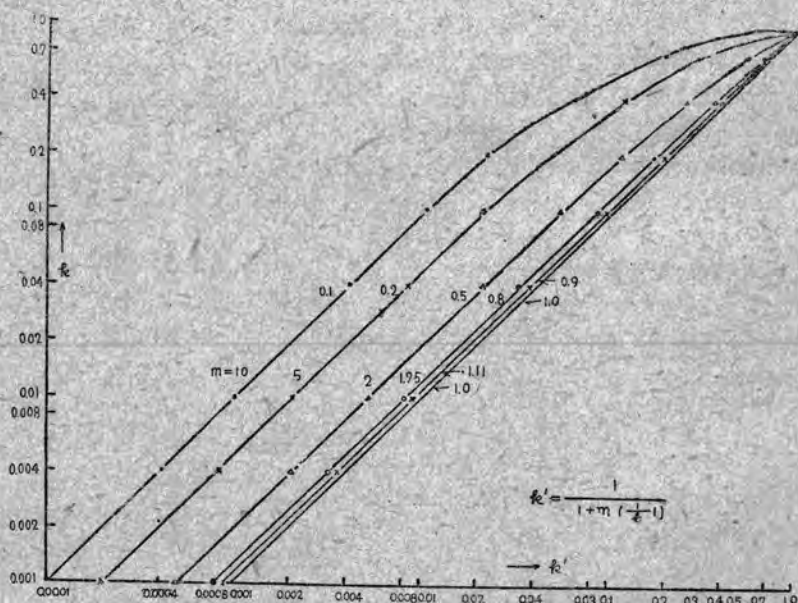
$$\theta'_1 = (\theta_1 - \theta_2) E^{-\frac{t_1}{z_2}} + \theta_2 \dots (18)$$

$$\theta = (\theta_2 - \theta'_1) (1 - E^{-\frac{t}{z_2}}) + \theta'_1 \dots (19)$$

(18) (19) 式より

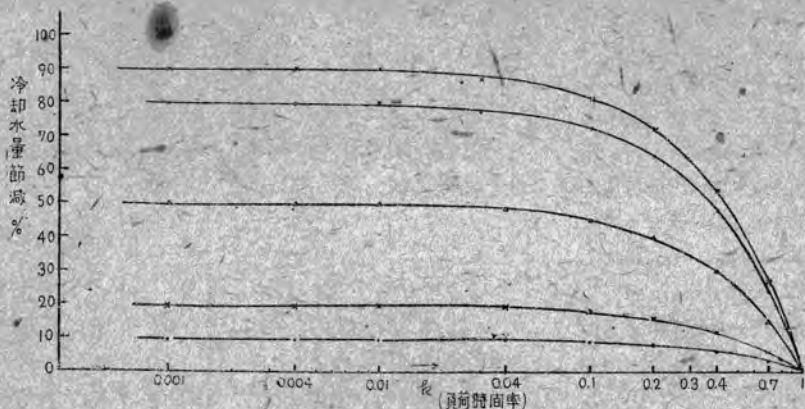
$$\theta = \theta_2 (1 - E^{-\frac{t}{z_2}}) + \theta_1 E^{-\frac{t_1 + t}{z_2}} + \theta_2 E^{-\frac{t}{z_2}} (1 - E^{-\frac{t_1}{z_2}}) \dots (20)$$

(20) 式は冷凍機または再冷器を使用し負荷の變動に追従して循環冷却水温の調節を行う場合の一般關係式



7 圖





8 圖

である。

- (a)  $t_1 = 0$  の場合. すなわち冷凍機の動作が温度上昇と一致させた場合である.

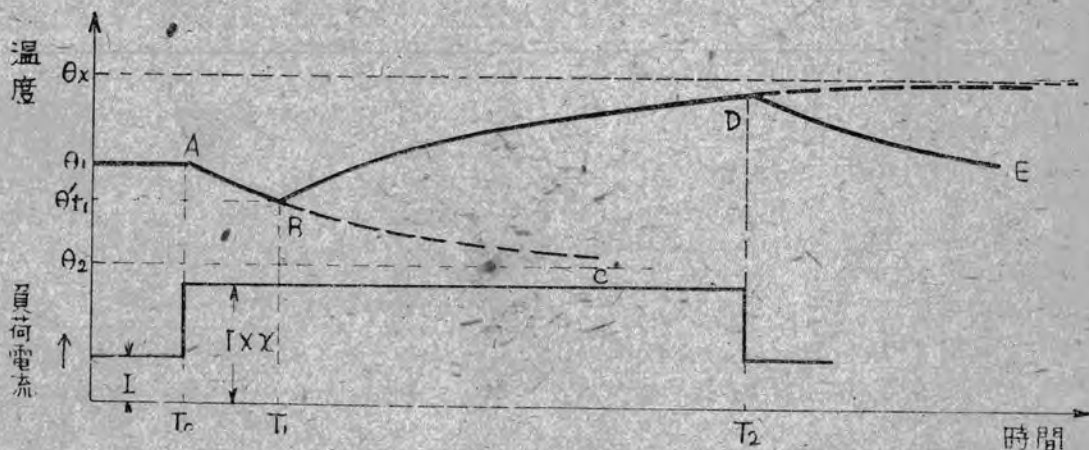
$$\theta = (\theta_x - \theta_1) (1 - E^{-\frac{t}{\tau}}) + \theta_1 \dots \dots \dots (21)$$

- (b)  $t_1 = \infty$  の場合. この場合は(17)式と同一である.

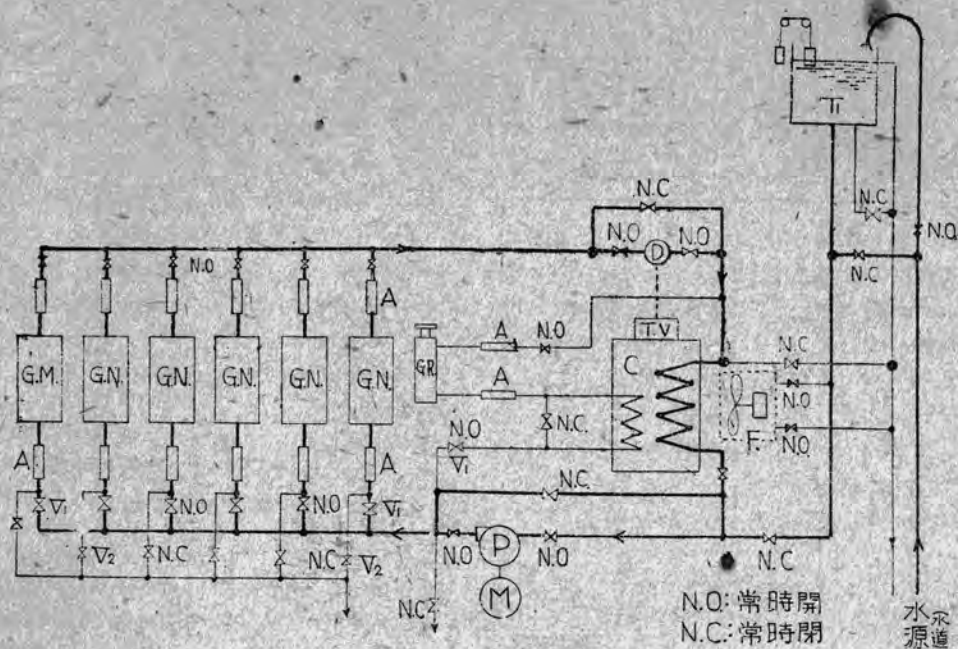
2000KW, 1500V級イグナイトロン(6タンク)の場合の温度-時間変化曲線を一定の假定のもとに計算したものが9圖である. 冷却水温度,  $\theta_1$  で一定負荷電流(I)の時に  $T_0$  において負荷電流が  $\times$  倍になったと假定すれば冷凍機は若干の遅れが伴つて動作する. そのため  $\theta_1$  の水温が  $A \rightarrow B \rightarrow C$  の如く低下して行き,  $T_1$  時刻(B點)より上昇し始める. その間  $t_1 (= T_1 - T_0)$  の時間的遅れがある. この間の温度変化は9圖の様に一般に簡単ではない. 整流器にとつては  $t_1$  の遅れは  $K$ , 及び  $N$  の値如何によつては重要な意義を有するものであり, この間の器槽内水銀蒸氣壓の制御が整流特性の基本條件をなすにいたる

#### 4. 冷却方式

イグナイトロンは他の電気機器と同様, 最高温度によつて使用条件が限定されるものであり, この制限温度は一般に徐々にイグナイトロンを破壊したり, 焼損を起したりするものではなく逆弧という突発的現象によつて整流特性が完全に不能にされるものである, しかしある制限下においては整流作用は回復するのが普通である. 従つてイグナイトロンの冷却目的は器槽温度を調整して内部水銀蒸氣密度を制御しかつ真空パッキングを傷めない様にする點にある. 前述した如く負荷状況如何では整流器内部の發生熱量は著しく變化する. 一定連続負荷の整流器にあつては熱發生は變化なく一定である爲冷却方式は比較的簡單である. これに反して断続負荷でかつ非週期的なものは整流特性を主體とした冷却方式は複雑であるが自動制御により運轉性能をたかめることが出来る. イグナイトロン冷却方式の特異點はタンクが分割されていること. タンクが小形なるために通水路が短かく冷



9 圖



符 號	名 稱	符 號	名 稱	符 號	名 稱	符 號	名 稱
G. N.	イグナイトロン	T. V.	温度調整弁	V <sub>1</sub>	水量調整コック	M	電 動 機
G. R.	水銀蒸気ポンプ	F	送 風 器	V <sub>2</sub>	排水コック	D	温度継電器
C	冷凍器又は再冷器	T <sub>1</sub>	屋 上 水 槽	P	循環水ポンプ		

10 圖 冷凍器または風冷式再冷器付イグナイトロン冷却方式

却水速度制御が容易に出来るという諸點にある。以下鐵製イグナイトロンの冷却方式を冷却用水質、水量、水温等の諸要素に基いて記述する

#### (1) 冷却用水としての適當な水がない場合

- (a) 冷凍機を使用する循環水冷式を採用する
- (b) 風冷式再冷器を使用する循環水冷式を採用する。
- (c) 風冷式のイグナイトロン及風冷式水銀ポンプとする。

(b) (c) は共に地理的條件により制限を受ける。米國においては (b) の方式が化學用整流器に採用されて優秀な成績を示している (a) の方式を圖示すれば 10 圖の通りである冷凍機を使用する方式は四季を通じて經濟的に運轉されかつ斷續負荷に對しては前節の理論の如く水温調整が適切に實施され得る利點がある。冷凍機單位は適當なる小容量のものに分割し負荷に相應して必要個數を運轉する冷却方法とする。かくすれば運轉信頼度をたかめると共に保守費を縮減することになる。また冬期においては室温調整のために冷凍機を熱ポンプとして使用

することも考えられる。この場合は同じ電力消費に對して數倍の熱量が利用され得る。従つて四季を通じての利用率をたかめる結果になる。

冷凍機自體の冷却には風冷式と水冷式との 2 種あり、地理的條件に依つて取捨選擇すべきである。2 表は冷却水量と調整温度及び冷凍器所要馬力を示したものである。10 圖の水銀ポンプ用冷却水は同一水系にもかかわらず冷却水温を若干低下せしめ得る様な構造としてある。

風冷式再冷器に於いても冷凍機同様冷却用送風機を小容量のものに分割設備し負荷の變動、気温の變化に應じて所要個數を運轉する。又通風量を制御して冷却度を變化せしめることも實施されている。

#### (2) 冷却水はあるが水質が不良の場合

この場合は水冷式再冷器を使用する循環水冷式を採用する。すなわち電蝕やスケールの堆積が著しくイグナイトロンタンクの壽命を短縮する恐れがある場合、または冷却水温の變化が顯著で運轉特性に影響する様な場合に最適である。その理由としては二段の中介制御を採り、



2 表

循環冷却水量	100 立/分					400 立/分				
冷却水入口、出口の温度差	2°C	5	10	15	20	2°C	5	10	15	
風冷式冷凍機所要馬力	5HP	10	20	30	40	15HP	35	110	165	
水冷式冷凍機所要馬力	4HP	8	16	24	32	10HP	24	80	120	

時常数の大きい冷媒を使用するからである。11 圖は本方式の 1 例である。圖で明らかな如くイグナイトロン本體循環水の温度上昇度により再冷却器冷却水量を辨の開閉にて自動制御するものである。しかし一般に冷却水の時常数は大きいために手動制御で充分である。

水銀ポンプ冷却用水は再冷却器循環冷却水の一部をとっている。この場合水銀ポンプに銅製の蛇管を利用して電蝕を防止する特殊冷却構造とする。この方法によれば時は 10 圖と同様に再冷却器により再度冷却する。

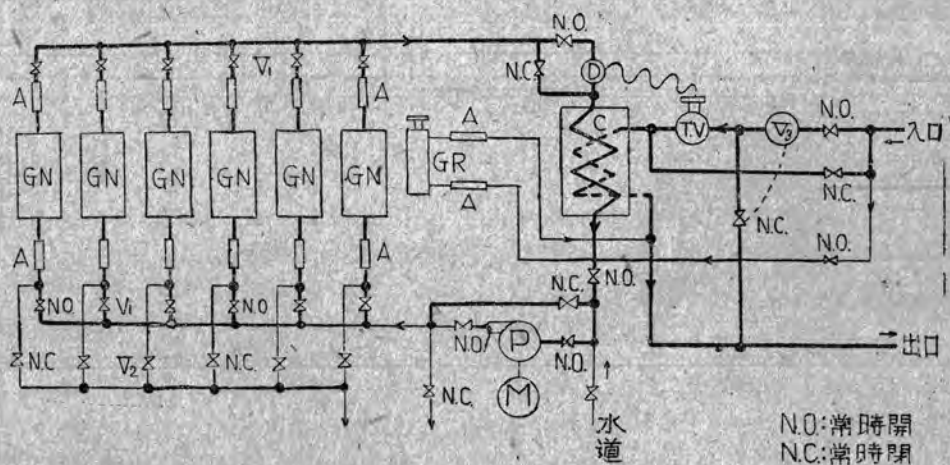
### (3) 冷却水の水温水質は良好であるが水量を節約しようとする放流水冷方式

12 圖は本方式を圖示するものである。冷却水は各イグナイトロンタンク→T<sub>1</sub>→P の水路を循環している。時間の

経過、負荷變動により水温の上昇があれば C によりバルブ T.V が開路し T<sub>2</sub> タンクより冷水が流入して冷却水温を低下せしめる。餘剰の水は T<sub>1</sub> タンクより溢出する。この過程は冷却水温が適当な温度になる迄続く。従つて負荷變動に應じて T<sub>2</sub> タンクから冷水が流入されその分量のみ放流されて節水作用を行うものである。よつて本方式は斷續負荷に對して最も有效、適切な冷却を行うことが出来る。水銀ポンプは T<sub>2</sub> タンクより直接流入し常時放流される。斷水警報は本回路と T<sub>2</sub> タンクの浮標による。停電時には T<sub>2</sub> タンクの貯水量が各イグナイトロン及び水銀ポンプに流入することになる。また寒冷時の冷却水温低下防止方法も簡単でかつ経費も少なくて済む。

### (4) 冷却水の水溫、水質、水量が共に良好で特に水量が豊富な場合

この場合、イグナイトロンの電壓が低壓でかつ冷却部構造が簡単であれば 6 タンク中 3 タンクを直列にしその二組を並列としたタンク水路直列方式が有利である。この場合はイグナイトロン冷却水通路の通流抵抗が小さいことが必要條件であり、整流器負荷としては低壓大電流



符 號	名 稱	符 號	名 稱	符 號	名 稱	符 號	名 稱
G. N	イグナイトロン	P	循環水ポンプ	V <sub>1</sub>	水量調整コック	D	温度繼電氣
G. R	水銀蒸氣ポンプ	M	電 動 機	V <sub>2</sub>	排水コック		
T. V	温度調整弁	C	再 冷 器	V <sub>3</sub>	定 圧 力 弁		

11 圖 水冷式再冷却器使用時のイグナイトロン冷却方式

の連続負荷に適當している。13圖はタンク水路直列方式の配管の一例を示したものである。

一般に上記の如き冷却水の好條件の場合には従来の放流方式でも良いことはもちろんである。

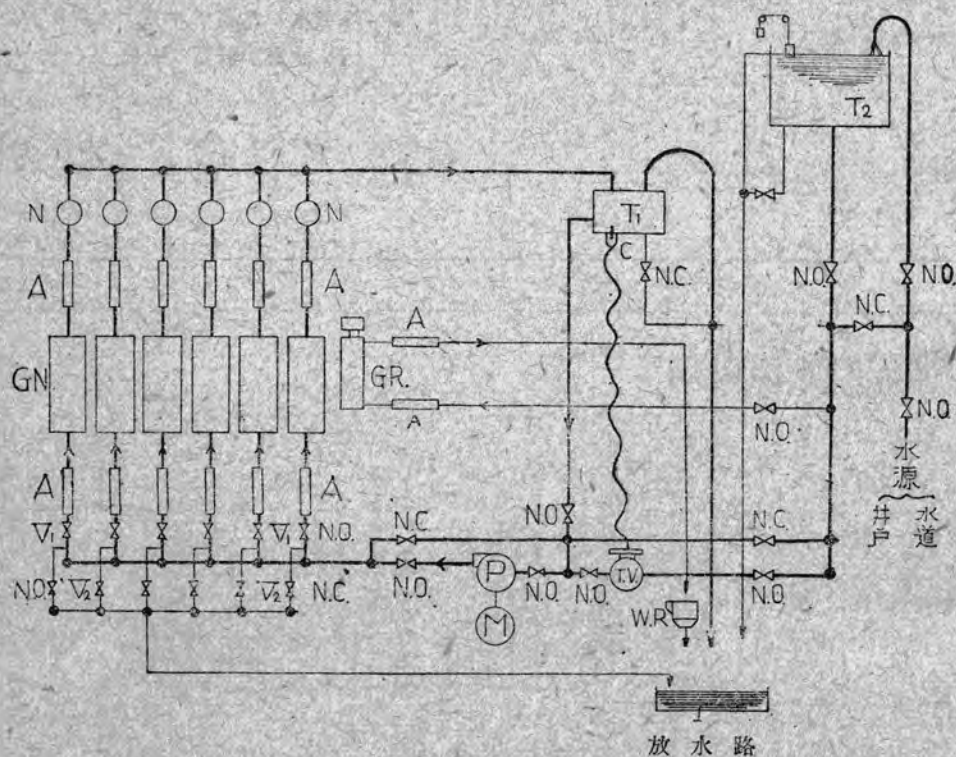
上記の4種の冷却方式は變電所立地條件と經濟的問題とによつて如何なる方式を採用すべきかを勘案する。これらの諸特性を一覽表にしたものが3表である。

## 5. 結 論

イグナイトロンの冷却方式は従来の多陽極型銀整流器の場合と本質的には相違しないがタンクの構成数及び構造

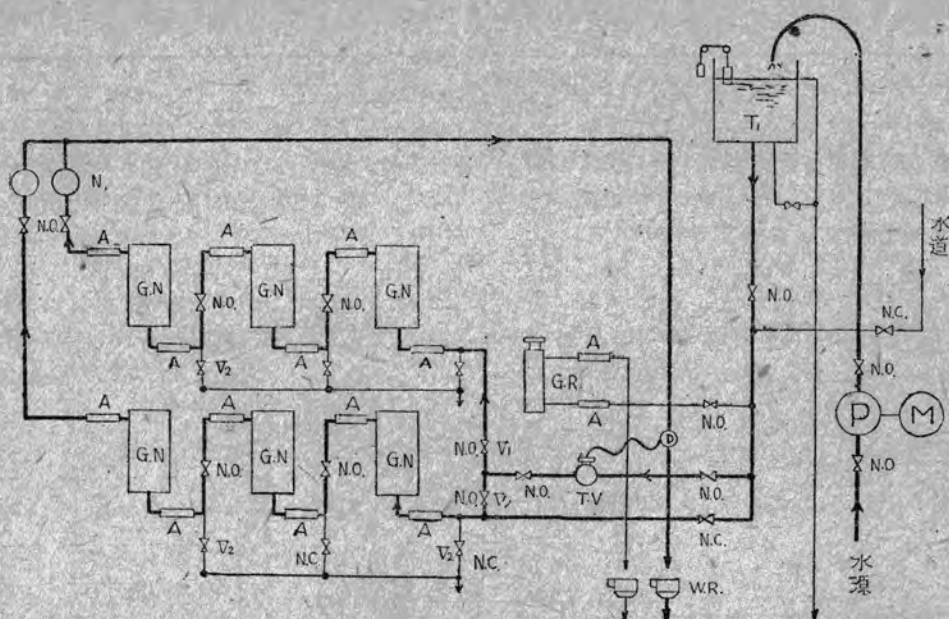
上1タンク當りの電流量、電流の通電休止の状態が多陽極型と趣きを異にする爲その冷却方式は特殊なかつ經濟的な方法が考えられる。また一般にイグナイトロンは短時間過負荷耐量が従来の多陽極型より大きいが電流繼續時間の長時間に亘る場合は構造上内部水銀蒸氣壓がたかまり逆弧の可能性が増す。従つて短時間過負荷に合致するイグナイトロン冷却方式の採用が是非共必要である。

従来の冷却方式は連続一定量放流方式を主眼とし負荷變動に對應して水量の調節は行わず冷却水入口温度を経験的一定範圍におさめる様に努力したものである。この



符 號	名 稱	符 號	名 稱	符 號	名 稱	符 號	名 稱
G. N	イグナイトロン	T <sub>1</sub>	補助水槽	V <sub>2</sub>	排水コック	C	溫度繼電器
G. R	水銀蒸氣ポンプ	T <sub>2</sub>	主 水 槽	T. V	溫度調整弁		
W. R	流水繼電器	A	絶縁パイプ	P	循環水ポンプ		
N	視 窓	V <sub>1</sub>	水量調整コック	M	電 動 機		

12 圖 節 水 式 放 流 水 冷 方 式



註: (T. V.-D. の不要なる場合有り)

N.O: 常時開

N.C: 常時閉

符 號	名 稱	符 號	名 稱	符 號	名 稱	符 號	名 稱
G. N	イグナイトロン	N	視 窓	A	絶 縁 バイブ	P	ボ ン プ
G. R	水銀蒸気ポンプ	T <sub>1</sub>	屋 上 水 槽	V <sub>1</sub>	水量調整コック	M	電 動 機
W. R	流水継電器	T. V	温度調整弁	V <sub>2</sub>	排水コック	D	温度継電器

13 圖 イグナイトロン水路直列方式

水温調節法は實施に難點多くかつ非經濟的な點が多かつた上述の諸方式は循環方式の採用と通水速度及び温度制御法の採用によつて負荷特性に準應させることが出来得たことを示すものである。これが冷却装置を簡易化し保守費を低廉にする一特徴である。

しかし實際の負荷特性は1圖より3圖に示した如く負荷時間率は一定ではない。電流値や負荷時間もそれぞれ不規則に變化する。かかる場合の温度上昇は(13)式で表わされる。この最終温度上昇値と定格との關連はそれぞれ實狀に即してイグナイトロンの構造、同冷却方式により解決すべきである。

また負荷狀況とイグナイトロン構造からして一定の冷却

方式が最も合理的であることが判明しても變電所立地條件により左右されることが多い。それ故冷却方式には一定の制限が必ず隨伴する。かかる場合には冷凍機を使用する冷却方式が最も一般的である。負荷變動に對しても温度制御が容易でありまた運轉費を含めても長所が多くかつ冬季熱ポンプとして使用すれば暖房に利用される。これらの新方式は多くの問題を含んでいるがこれに關しては將來幾多の研究が必要である。



3 表

冷却方式		直接風冷式	風冷式再冷器付 循環水冷方式	冷凍機付循環水 冷方式	放流式水冷式 (節水式)	備 考
條 件	冷却部構造	風冷のため特殊形 状；特殊パッキン グ使用	水冷式水銀整流器 と同一構造	左 同	左 同 蛇管をタンク周囲 に熔着したる構造 が最も有利	
	負 荷 耐 量	連続中負荷に適	連続中負荷又は中 程度の断続負荷	連続一定負荷に最 適	断続負荷に最適	
冷却器の概要		送風機及通風用ガ イド 構造簡單	大型の風冷式再冷 器（普通ユーフィ ン管使用）及送風 機、通風用ガイド 必要 構造複雑	小単位冷凍機数臺 (内1~2臺豫備) 熱交換器 構造やゝ複雑 風冷式と水冷式冷 凍機有	循環水冷方式と同 一なるも冷却用水 温度リレーとそれ に直結の辨 構造簡單	
冷 却 器 の 特 長	負 荷 耐 量	連続中負荷に適	連続中負荷又は中 程度の断続負荷	連続一定負荷に 最適	断続負荷に最適	
	冷 却 度	気温により制限が ある	左 同	風冷式のものなれ ば冷却度の低減あ り。冷却度の調整 自由	自由に調整可能	
	腐蝕の問題	なし	特殊防蝕劑使用可 能	左 同	銅製冷却蛇管なれ ばなし	
	手 入 作 業	簡單容易 イグナイトロン本 體の手入開蓋は困 難	やゝ困難	やゝ困難	簡單容易	
	信 頼 度	送風機の信頼度と 停電が問題	左 同	冷凍機の信頼度が 問題	温度繼電器と開閉 辨の信頼度が問題	
	壽 命	送風機の壽命によ り左右される	送風機と再冷器の 壽命により左右さ れる	冷凍器の壽命によ り左右される	温度計と開閉辨の 壽命により左右さ れる	
	床 面 積	小	大	大	小	
	高 さ	中低	高	高	高	
	所 要 電 力	送風機モーター動 力のみ	送風機モーター及 循環水ポンプ用モ ーター電力	冷凍機用モーター 及循環水ポンプ用 モーター電力	循環水ポンプ用モ ーター及ヒーター 電力	
	施設工事一般	簡單	やゝ複雑	やゝ複雑	左 同	
寒 冷 却 對 策		送風機速度制御 による	左同。その他防凍 冷却水使用	熱ポンプに切替え て使用	ヒーターを起動時 に使用し循環水を 加熱する	
停 電 對 策		なし (イグナイトロン 運轉停止)	なし (左の場合よりや ゝ長時間使用可能)	冷凍機の容量によ り運轉可能。又は 屋上水槽使用	屋上水槽を使用し 30分間使用可能	
保 守 一 般		簡 單	やゝ困難	左 同	簡 單	

# 電 車 断 流 器 の 遮 断 特 性

従来電車の断流器は遮断容量不足で故障大電流に對し焼損事故を起しやすかつた。これを運輸省で改良されたのがSR106形断流器であるが、今回當社で本品の製作を完了しその立會試験を施行したのでこの機會に断流器の遮断性能、特に動作の時間的關係について種々な條件の下にオスシログラフによつて検討した。  
本文はこれらの結果について詳細報告したものである。

伊丹製作所 小 川 清 一

## 1. 緒 言

電車用断流器は従來のものは遮断容量が不足であつたので、故障大電流が流れると屢々遮断不能になり焼損事故を起した。これを絶滅する目的で改良製作されたSR-106形断流器が今後の電車に裝備されることになつた。今回SR106形断流器を製作完了したので運輸省動力車課關係技官御立會の下に種々な試験をしたが、なかんずく断流器及び過電流繼電器の動作時間、遮断器の遮断時間、及び電壓電流の關係について回路電流、過電流繼電器目盛値、負荷インダクタンス及び起動電流値を變えて詳細な結果が得られたので報告する。

## 2. 試 験 要 領

### 1. 試 験 期 日

自昭和23年12月8日

至昭和23年12月9日

一部試験は12月1日から12月15日に至る間に實施した。

### 2. 試 験 品

三菱電機製SR106形断流器1組

### 3. 試 験 方 法

1圖のような結線で誘導負荷はMT40形電車用主電動機4臺の界磁線輪を利用し實際に近くするために電機子を挿入しかつ補極線輪も使用した。電源は2000 Kwの水銀整流器を用い、測定には6素子オスシログラフ2臺を併列運轉しかつ電弧状態をライカ及び高速度寫眞で撮影した。遮断時のインダクタンスは圖から計算によつて求めた。遮断試験後のアークボツタスの状態を調べるために分解して寫眞撮影しかつ壁面の附着物を化學分析した。

## 4. 試 験 細 目

### ア 測 定 事 項

RL8B形過電流繼電器動作試験

動作時間(S) 一以下過電流繼電器をO. L. R. と略記する。

- (1) 主電流流入からO. L. R. 調整値に達するまでの時間
- (2) 主電流がO. L. R. 調整値に達してからO. L. R. 始動までの時間
- (3) 主電流がO. L. R. 調整値に達してから電磁辨電流遮断開始までの時間
- (4) 主電流がO. L. R. 調整値に達してから主電流遮断開始までの時間

### 主 電 流

- (1) O. L. R. 始動時の電流(A)
- (2) 電磁辨電流遮断開始時の電流(A)
- (3) 遮断電流(A)
- (4) 遮断時間(S)

### 電 壓

- (1) 電源電壓(V)
- (2)  $L_1$ の+側と $L_2$ の-側に生じる電弧電壓(V)
- (3) 電磁辨端子電壓(V)

SR106形断流器遮断試験

上記の他に異常電壓測定のために下記の項目を追加した。

- (1)  $L_1$ の電弧電壓(V)
- (2)  $L_2$ の電弧電壓(V)
- (3) 断流器正側の電壓(V)
- (4) 断流器中間の電壓(V)
- (5) 断流器負側の電壓(V)

### イ 試 験 種 別





RL 8 B 形過電流繼電器動作試験

繼電器調整値 A	遮断電流 A	誘導負荷 (電動機個數)	初期電流 A
600	1000		
650	"	各々につ	各々につ
700	"	0	0
750	"	2	200
800	"	4	400

SR 106 形斷流器遮断試験

繼電器調整値 A	遮断電流 A	誘導負荷 (電動機個數)	初期電流 A
750	1000		0
"	2000	0	"
"	3000	2	"
"	4000	4	"

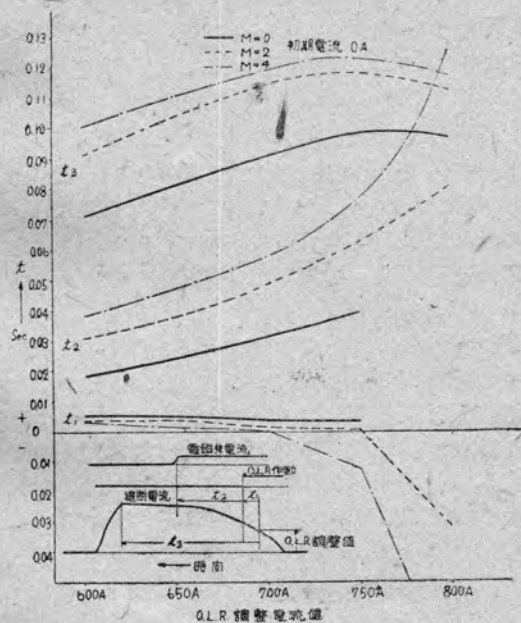
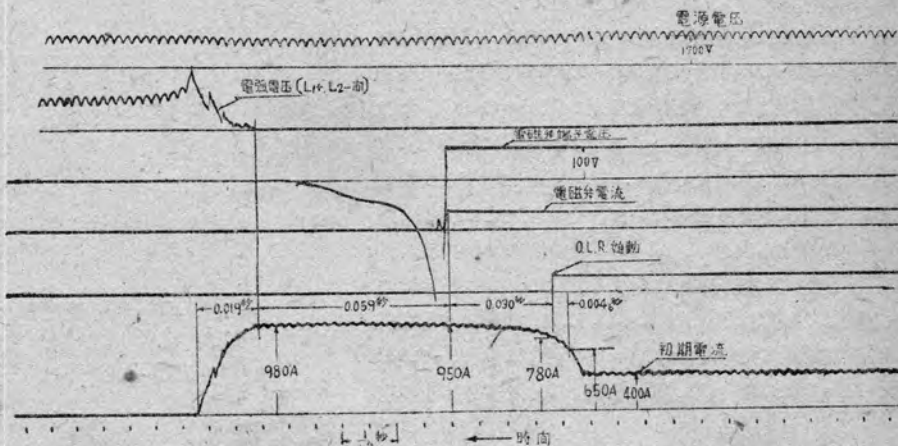
2 圖 RL-8 B 過電流繼電器動作試験

繼電器用調整電流値  
650A

遮断電流調整値  
1000A

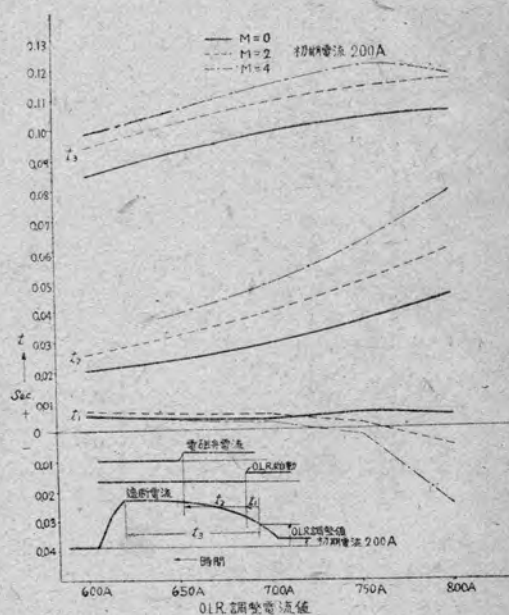
誘導負荷 MT 40  
2ヶ

初期電流 400A



SR-106 斷流器用

3 圖 RL-8 B 形過負荷繼電器動作試験



SR-106 斷流器用

4 圖 RK 8 B 形過負荷繼電器動作試験

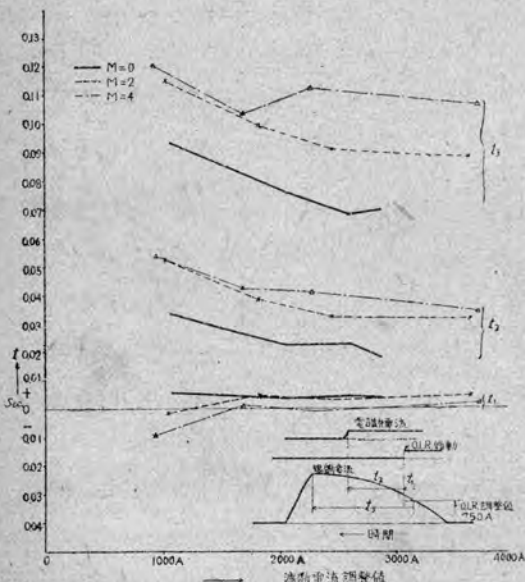
## 5. 試験成績

### ア RL8B 形過電流繼電器動作試験

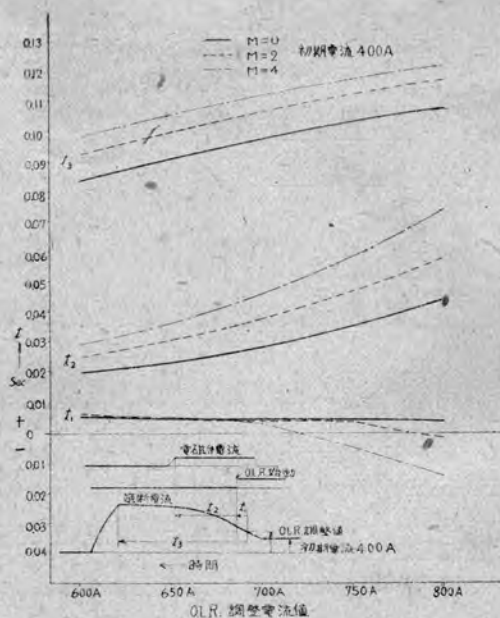
本試験は45回にわたり種々な条件の下に動作させて、オシログラフに記録した。オシログラフの一例は2圖に示し、結果をまとめたものが3圖から5圖である。

電源の無負荷電圧は1520V-1620Vで何れの場合も動作は良好であつた。目盛調整値に主電流が達するまでの時間はM=0の場合は0.017秒以下でM=2の場合は0.003~0.0425秒でM=4の場合は0.0078~0.099秒である。何れも目盛調整値が増加し初期電流が増加すると増加し、これはMが大なる程變化が激しい。

目盛調整値に主電流が達してからO.L.R.始動までの時間はM=0の場合は0.004~0.005秒で目盛調整値及び初期電流により殆ど變化はない。M=2の場合は0.005~0.032秒で目盛調整値を増すと僅かに減少し750A以上では變化が大きくなる。初期電流を増すと調整値700Aまではあまり變らないが、それ以上では初期電流の少い程變化が大きい。M=4の場合は0.005~0.075秒で目盛調整値と初期電流に對する變化の傾向はM=2の時と同じで變化は更に大きい。O.L.R.始動より電磁辨電流遮断開始までの時間はM=0の場合は0.019~0.045秒、M=2の場合は0.025~0.081秒、及びM=4の場



SR-106 斷流器用  
5圖 RL-8B 形過負荷繼電器  
動作試験



SR-106 斷流器  
6圖 遮断試験  
RL-8B O.L.R. 動作狀況

合は0.129~0.174秒で目盛調整値増加すると増加し、初期電流が増加すると減少している。電磁辨電流遮断より遮断開始までの時間は0.057~0.065秒で各種の條件によつて變化はない。目盛調整値に達してより遮断開始までの時間は0.071~0.12秒でありMが増加すると増大し、初期電流が増加するとM=0では増大しM=2,4では減少する。目盛調整値が大になると増大する。

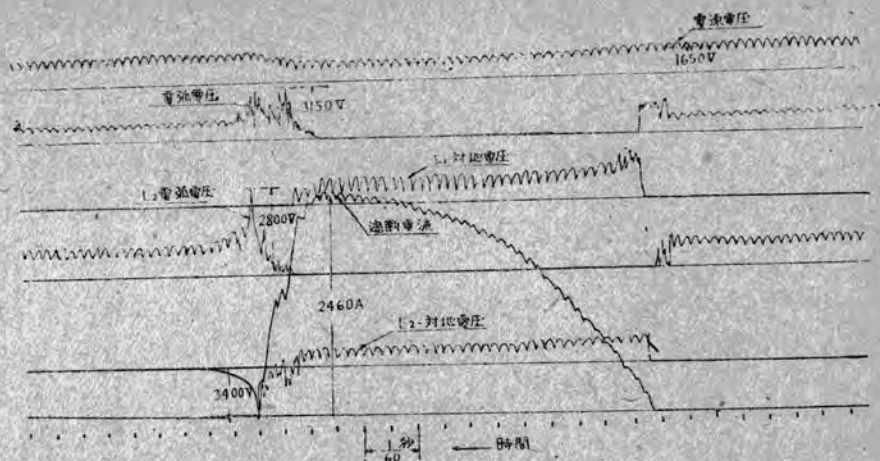
電流値について見ればO.L.R.の始動の電流はM=0の場合は殆ど最大値に達しているがM=2の場合は約100A超過し、M=4の場合は目盛を殆ど超過していない。

最初電流値を2000~4000AにあげるとO.L.R.始動までの時間は殆ど變化しない。O.L.R.始動より電磁辨電流遮断までの時間は0.02~0.03秒におさまりM=2,4の場合は0.03~0.04秒で最終電流値が増加すると減少する。電動機4臺で2000A位で0.04秒である。遮断開始までの時間はM=0の場合は0.07~0.09秒でM=2の場合は0.09~0.11秒でM=4の場合は0.11~0.12秒である。共に最終電流値が増加すると少しさがる。結果をまとめたものを6圖に示す。

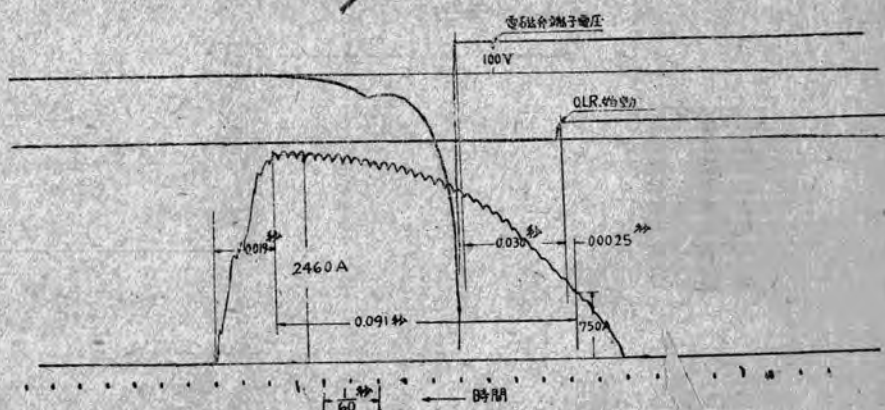
### イ. RS106 形斷流器遮断試験

本試験は12回にわたり實施した。結果はオシログラフ2臺併列運轉して記録し、ライカ及び高速度カメラ

7 圖-1  
SR-106 斷流器  
遮斷試驗



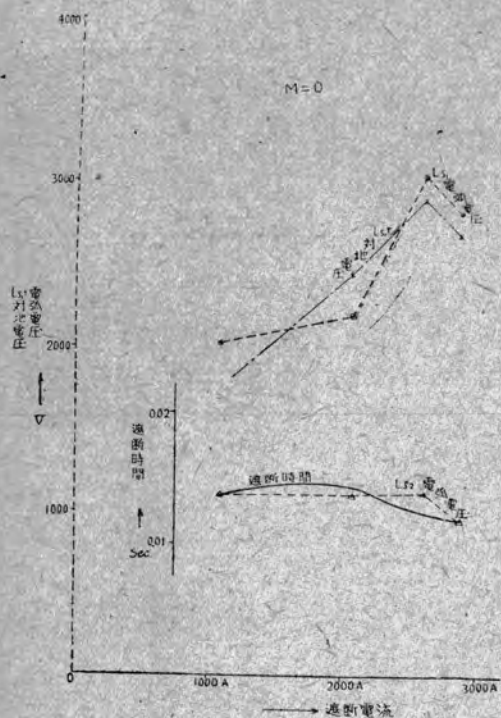
7 圖-2  
SR-106 斷流器  
遮斷試驗  
過電流繼電器調整電流  
值 750A  
誘導負荷 MT 40  
2ヶ  
初期電流 OA



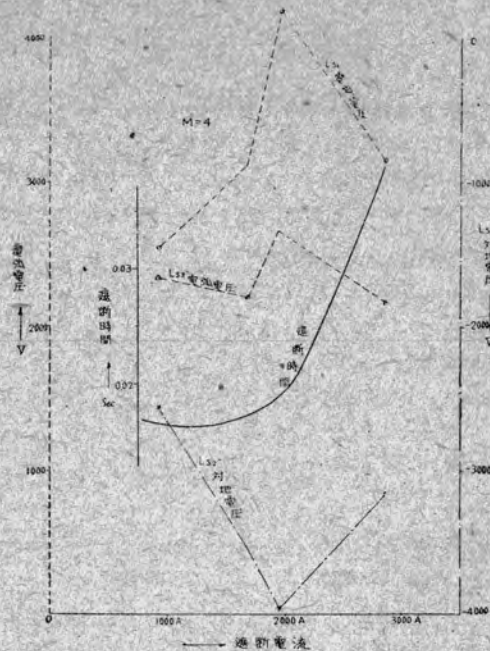
主電流調整値 A		約 1000			約 2000			2600	2460	2270	2080	3650	3730
O. L. R 調整値 A		750			750			750			750		
誘導負荷として用いたMF-40		0	2	4	0	2	4	0	2	4	0	2	4
遮斷状態		良	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
主電流がO.L.Rの調整値に達して	OLR 動作開始迄 S	0.0054	0.0012	0.0092	0.0034	0.0042	0.0012	0.0042	0.0025	0.0012	0.0034	0.042	0.0017
	電磁継電流遮斷開始迄 S	0.0334	0.0525	0.054	0.0225	0.0384	0.0422	0.0225	0.0325	0.041	0.018	0.0317	0.034
	主電流遮斷開始迄 S	0.093	0.115	0.120	0.076	0.099	0.103	0.068	0.0910	0.112	0.0697	0.088	0.106
遮斷電流	電流値 A	1080	1030	930	2060	1830	1670	2600	2460	1960	2880	3000	2840
	遮斷時間 S	0.0138	0.0152	0.019	0.015	0.0148	0.0197	0.0118	0.019	0.0214	0.012	0.0234	0.0417
ア電 1ヶ 電	LS1 V	2020	2500	2550	2190	3200	3130	3040	3150	4200	2800	2900	3160
	LS2 V	1100	1770	2340	1100	1920	2210	1160	2800	2670	970	2780	2180
電源電壓(無負荷) V		1700	1700	1700	1700	1700	1700	1650	1650	1640	1620	1800	1800
LS1+ 對地電壓 V					2430			2900			2670		
LS2- 對地電壓 V			1940	2550		2550	3540		3400	3920		2430	3160
オシロ番號		58-a b	59-a b	61-a b	60-a b	62-a b	63-a b	52-a b	53-a b	54-a b	55-a b	56-a b	57-a b

8 圖 SR-106 斷流器遮斷試驗

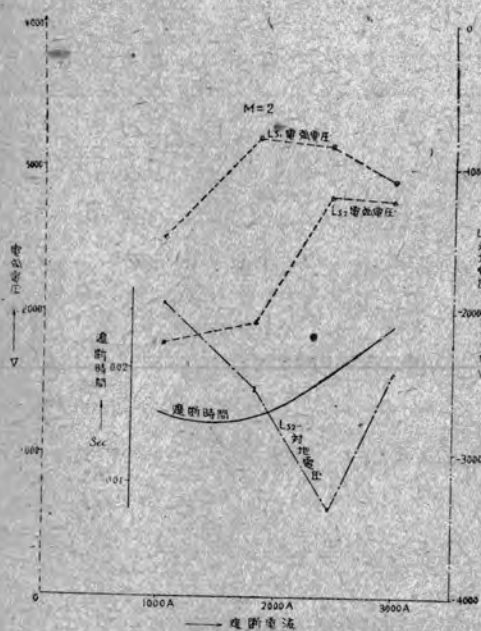




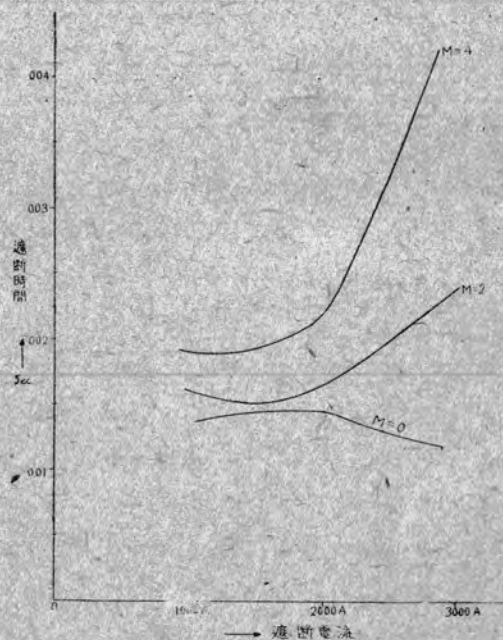
8 圖 SR-106 斷流器遮斷試驗



10 圖 SR-106 斷流器遮斷試驗



9 圖 SR-106 斷流器遮斷試驗



11 圖 SR-106 斷流器遮斷試驗

で電弧状態を撮影した。電源電圧は無負荷の時1620~1800Vで負荷時は1000Aで1550V, 2000Aで1400V, 3000Aで1200V位となつてゐる。遮断は何れも良好である。オシログラフの一例を7圖に示し、結果をまとめたものが8圖~12圖である。

遮断開始までの時間は前項で詳細に検討したから6圖を参照すれば判明する。遮断開始時の電流はM=0の場合は最終電流値に達しているがM=2で2000A以上の場合及びM=4で1500A以上の場合は最高電流値以下で遮断を開始している。特に3000AでM=4の場合は約2400Aで遮断を開始している。

電弧時間は9圖の如くM=0の場合は0.013秒位、M=2の場合は0.018~0.023秒、及びM=4の場合は0.019~0.044秒で遮断電流の増加と共に一般に増加している。

電弧電圧は $L_1$ ,  $L_2$ 及び各側の對地電圧をとつたが遮断には $L_1$ が $L_2$ より高い電弧電圧を生じ300~1000Vの差がみられる。 $L_1$ の電弧電圧は2000~4200VでM=4, 2000A附近で最高であつた。 $L_2$ は1000~2800VでありもちろんMが増加する程高い。かつ遮断中の電弧電圧の最高値は電流が零になる瞬間にあらわれている。電弧状態をライカでとつた一例を13圖に示す。

#### ウ MT 40 形主電動機のインダクタンス

測定に使用した誘導負荷の主電動機のインダクタンスはどれ位あるかオシログラフと計算より求めたのが14圖である。これで見ると500Aで70mH位あつたのが3000Aでは20mH以下に下つてゐる。

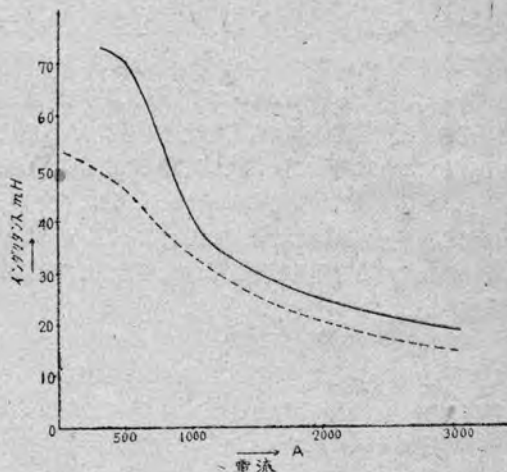
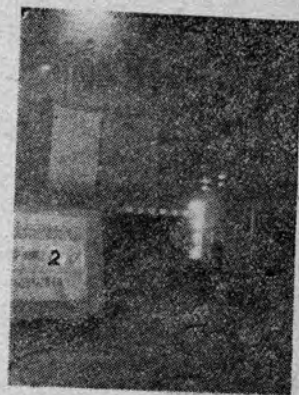
#### エ アークボックスの状態

遮断試験後のアークボックスを分解して見たが種々の附着物があり、これをおとして集めて化学分析したのが下表である。

アークボックス附着物化学分析表

成 分	%
Cu O	1.49
Si O <sub>2</sub>	28.74
Fl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7.14
Ca O	50.55
Mg O	7.33
アルカリその他	残り
計	100.00

12 圖



電流-インダクタンス関係曲線  
MT-40 M0tor 4ヶ直列回路  
實線 主極、補極線輪を含む  
破線 主極線輪のみ

13 圖

### 3. 考 察

#### ア RL8B 形過電流繼電器動作試験

目盛調整値に主電流が達するまでの時間はMが増加し、初期電流が減少すると立上りが急にならないので増加す

るのは當然である。目盛調整値に主電流が達してより O. L. R. 始動開始までの時間は目盛調整値を増加するとこの O. L. R. は重力式であるからアーマチャーを引張っているバネの力が弱まるのである點をこすと急に始動容易になるものと思われ時間が減少する。O. L. R. 始動より電磁弁電流遮断までの時間は目盛調整値が増加すると増加するのはアーマチャーのストロークが長くなるためと思われ、また M が増加したり初期電流が減少したりすると時間が長くなるのは電流の立上りがゆるくなると思われる。電磁弁電流遮断より主電流遮断開始までの時間は電磁弁の性能と閉閉機構の摩擦によるもので本試験では比較的良好な成績を示している。目盛調整値に達してから主電流遮断開始までの時間は総合すれば M が増加すると電流の上昇がゆるやかで O. L. R. 始動より電磁弁遮断開始までの時間が増加するため時間は増加するものと思われる。初期電流による影響は  $M=0$  のときは殆ど差がないが  $M=2, 4$  の場合は減少の傾向にあるのは O. L. R. の始動が容易になっているための時間がきているのである。運転中は一般に並列運転であるから本試験中の  $M=1$  インダクタンスに相當するので時間は  $0.08 \sim 0.10$  秒位と思われる。この時間は従来の遮断器に比較すると相當短いが故障電流遮断に對しては充分といえなくてこれに對しては矢張り高速度遮断器が必要であらう。最終電流値を變化すると時間が一般に減少するのは同じ回路條件に對して電流の最初の立上りが急になるため始動までの時間及び電磁弁電流遮断までの時間が減少するからである。

#### イ SR 106 形遮断器遮断試験

遮断開始時の電流は死時間が相當あるにも拘らず  $M=4$  3000A の時は 2400A で動作しているのは面白い。

電弧時間はインダクタンスの少い方が遮断エネルギーが小なるため當然であるが、一般に空心のインダクタンスで測定したより短く 4000A 位では空心インダクタンスの 18mH 位の電弧時間に相當する。電弧電圧は  $L_1$  は  $L_2$  より高く出たのは本製品が偶然に  $L_1$  が  $L_2$  より 0.005 秒位早く開く傾向にあつたので負荷を多く分擔したためと思われる。 $L_1$  の電弧電圧が 4200V 位になるのは機器絶縁上注目すべきことで、 $M=4$  の場合は  $L_2$  の負側の對地電圧は -3900V になっているのも注目すべきことである。

#### ウ 負荷インダクタンス

遮断電流による負荷インダクタンスは電動機が鐵心磁氣回路であるから電流の増加に従つて飽和しインダクタンスを減少するのは當然である。遮断試験を利用して各種電流の立上り曲線をとつてそれから計算すると、電動機 4 臺で 500A で 70mH, 1000A で 38mH, 2000A で

25mH, 3000A で 19mH となり大電流になるとインダクタンスは著しく減少する。この事實は今後の試験で誘導負荷を用いる場合に考えねばならない事である。

#### エ 試験後のアークボックス

寫眞でとつたがアークボックスの汚れに對しては何もよくわからないが、化學分析によれば主にアスベストが飛散しており、 $SiO_2$ ,  $Fl_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$  等アスベストの成分が 94 % を占めている。銅は酸化銅として僅か 1.49 % 見出されるに過ぎない。これより見るとアスベストの消耗がかなり問題になるものと思われる。

## 4. 結 言

SR 106 形遮断器の完成を機會に緒言に述べた目的に沿つて徹底的に性能を極め得た事は喜ばしい事で次の事が判明した。

ア 過電流繼電器の負荷電流目盛調整初期電流による種々な回路條件における動作特性を詳細に分析的に求めた。

イ 主電流が過電流繼電器目盛調整値に達してから遮断開始までの時間は  $0.07 \sim 0.12$  秒でインダクタンス負荷により増加し、最終電流を増すと減少し、一般運転中は 0.09 秒位と考へても差支えない。

ウ 遮断試験においては最終電流値が高くインダクタンス負荷が多い場合は最高値に達しない中に遮断開始している。電弧時間は  $0.018 \sim 0.044$  秒でインダクタンス負荷遮断電流が増加すると増加する。異常電圧は断流容間では 2000A 位が最高で 4200V に達するものがあつた。

エ 主電動機 4 臺の電流によるインダクタンスは 500A で 70mH あるのが 3000A では 19mH に激減している  
オ アークボックスは遮断が繰返されると主としてアスベストが消耗する。

終りに御多忙中御立會いたゞいた運輸省動力車課矢山技官中田技官山崎技官に厚く御禮申上げると共に試験關係者の協力に心から感謝して本文の結びとする。



# 鋸屑の熱常數に及ぼす濕潤の影響 (第II報) 濕潤による熱傳導率の變化

熱絶縁として經濟的見地より多量の鋸屑が用いられている。鋸屑は乾燥状態においては熱傳導率小さく優れた性質を示すが、それ自身吸濕性の爲吸濕し易く、一度吸濕すると急激にその熱傳導率が増加して来る。この含水率による熱傳導率の變化を測定する爲に用いた週期的測定法および含水率による熱傳導率の變化の測定結果を示した。更に簡単な木材および鋸屑のモデルを用いてこの結果に對して考察を加えた。

尾 島 學 二  
研 究 所 長 沼 辰 二 郎  
明 石 克 寛

## 1. 緒 言

冷蔵庫及び溫水器等の斷熱材料として用いられるものに種々の植物性纖維製品、鋸屑、ガラス纖維等がある。テックス類の如き植物性纖維製品、鋸屑等はそれが充分乾燥状態にある時は熱傳導率小さく熱絶縁材料として優れた性質を示すが、吸濕性である爲に長年使用している間に水分を吸収して熱絶縁特性がだんだん悪化してくる。故にこれら熱絶縁物質の吸濕状態において如何にその熱傳導率が變化するかを正しく認識しておくことは實用的見地から云つても極めて重要な事である。それにもかゝらず、かゝる研究の例が從來極めて乏しい状態である。

大理石、スレート、硝子等礦物質粒體の熱常數に及ぼす水分の影響について棚澤氏は論じられている。筆者は週期法を應用した測定裝置を試作して、鋸屑の熱傳導率が含水率と共にいかに變化するかを測定した。

## 2. 測定原理

こゝで述べる熱傳導率測定法は週期的溫度波によるいわゆる週期法と稱する方法である。圓筒の外面の溫度を時間に對し正弦波になるように變化させると熱もまた週期的に流れて行き原點から進むにつれて溫度波の位相は遅れ振幅は減衰する。この遅れまたは減衰を測定せば熱擴散率(または溫度傳導率)  $K$  を知り得る。

しこうして

$$K \equiv \lambda / C \rho \dots \dots \dots (1)$$

ただし  $\lambda$  は熱傳導率、 $C$  は比熱、 $\rho$  は密度であるから

別に比熱  $C$  および密度  $\rho$  を測定すれば熱傳導率  $\lambda$  を決定することができる。

いま試料の入つている圓筒型の器の表面に純餘弦的に變化する溫度波を印加した場合を考えてみる。管の長さ  $L$  を管の直徑  $2R$  に較べて充分大にとれば熱流は同心的で軸方向の流はないと看做することができるから無限圓筒に對する式があてはまる。すなわち

$$\frac{\partial T}{\partial t} = K \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) \dots (2)$$

を 表面  $r=R$  にて  $T=T_m \cos \omega t \dots \dots \dots (3)$

初期條件  $t=0$  にて  $T=0 \dots \dots \dots (4)$

の下に解けば良い。

この解は

$$T = T_m \frac{\sqrt{\left( \text{ber } r \sqrt{\frac{\omega}{K}} \right)^2 + \left( \text{bei } r \sqrt{\frac{\omega}{K}} \right)^2}}{\sqrt{\left( \text{ber } R \sqrt{\frac{\omega}{K}} \right)^2 + \left( \text{bei } R \sqrt{\frac{\omega}{K}} \right)^2}} \times \cos \left\{ \omega t - \tan^{-1} \frac{\text{ber } r \sqrt{\frac{\omega}{K}}}{\text{bei } r \sqrt{\frac{\omega}{K}}} \right. \\ \left. - \frac{\text{ber } r \sqrt{\frac{\omega}{K}} \text{ber } R \sqrt{\frac{\omega}{K}} + \text{bei } r \sqrt{\frac{\omega}{K}} \text{bei } R \sqrt{\frac{\omega}{K}}}{\left( \text{ber } r \sqrt{\frac{\omega}{K}} \right) \left( \text{ber } R \sqrt{\frac{\omega}{K}} \right) + \left( \text{bei } r \sqrt{\frac{\omega}{K}} \right) \left( \text{bei } R \sqrt{\frac{\omega}{K}} \right)} \right\} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{T_m}{R} \frac{J_0(x_n r)}{J_1(x_n R)} e^{-K x_n^2 t} \dots \dots \dots (5)$$

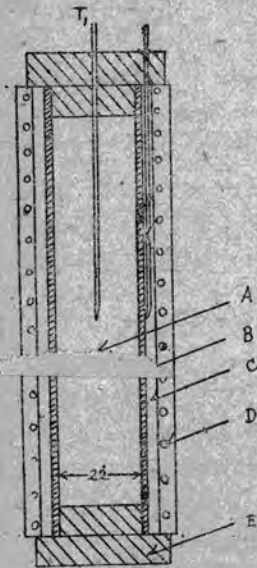
ただし  $X_n$  は  $J_0(ZR)=0$  の根である。(5)式の第2項は最初の温度分布による過渡項である。定常状態に達した後に測定を行うものとすればこの項は考えなくとも良い。更に圓筒の中心において温度  $T_c$  を測定するものとすれば

$$T_c = \eta_0 T_m \cos(\omega t - \phi_0) \dots\dots\dots (6)$$

となる。ただし

$$\eta_0 = \frac{1}{\sqrt{\left(\text{ber } R \sqrt{\frac{\omega}{K}}\right)^2 + \left(\text{bei } R \sqrt{\frac{\omega}{K}}\right)^2}} \dots\dots\dots (7)$$

$$\phi_0 = \tan^{-1} \frac{\text{bei } R \sqrt{\frac{\omega}{K}}}{\text{ber } R \sqrt{\frac{\omega}{K}}} \dots\dots\dots (8)$$



1 圖 測定器本体

更に温度波の週期  $\tau = 2\pi/\omega$  ..... (9)を用い、 $F_0 = K\tau/R^2$  ..... (10)なるジメンションのない数  $F_0$  を導入すると (7) および (8) 式は

$$\eta_0 = \frac{1}{\sqrt{\left(\text{ber } \sqrt{\frac{2\pi}{F_0}}\right)^2 + \left(\text{bei } \sqrt{\frac{2\pi}{F_0}}\right)^2}} \dots\dots\dots (11)$$

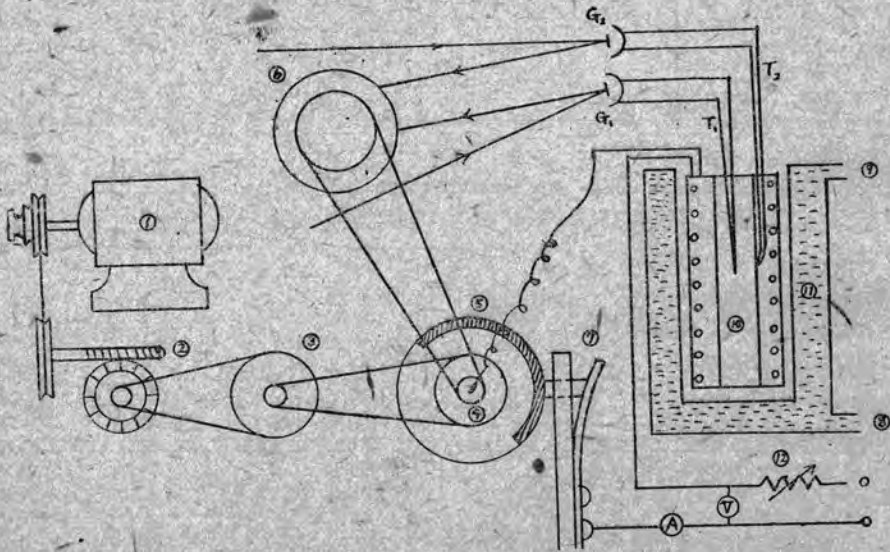
$$\phi_0 = \tan^{-1} \frac{\text{bei } \sqrt{\frac{2\pi}{F_0}}}{\text{ber } \sqrt{\frac{2\pi}{F_0}}} \dots\dots\dots (12)$$

となり、 $F_0$  さえ等値であれば位相差  $\phi_0$  も振幅減衰率  $\eta_0$  も等しく出てくる。すなわち  $\eta$  および  $\phi_0$  は  $F_0$  の

みの函数であるから、あらかじめ  $\eta_0$  あるいは  $\phi_0$  と  $F_0$  との関係を求めて作圖しておけば實驗結果より  $\eta_0$  あるいは  $\phi_0$  を求め、圖より  $F_0$  を求めることができる。また  $R$  および週期  $\tau$  を測定すれば (10) 式より熱擴散率  $K$  を求めることができる。更に密度  $\rho$  および比熱  $C$  を別に測定すれば (1) 式から熱傳導率  $\lambda$  を求めることができる。實際の測定に際しては位相差  $\phi_0$  を求める方が  $\eta_0$  を求めるよりも簡單であるので、 $\phi_0$  を求めそれから  $\lambda$  を決定した。

### 3. 測定装置および方法

1 圖に測定装置の主體を示す。Bは銅製の圓筒で、Aは試料を入れる空間である。ガラステープまたはアスベストの絶縁層 C の外側に 0.4φ の抵抗線 D を巻き、更にそ



2 圖 測定装置

の上をガラステープで覆つてある。Eはコルク栓で、上のコルク栓を通して温度測定用の熱電對  $T_1$  および  $T_2$  が出ている。 $T_1$  は試料の中心温度測定用のもので、 $T_2$  は圓筒の表面に半田付けしてあり試料の外測温度測定用のものである。 $T_1$  および  $T_2$  はいづれも銅—コンスタンタン熱電對で測定上の感度を増す爲に數個の熱電對を直列にして用いている。

2 圖に測定装置全體の略圖を示す。①は小型電動機で②③および④は減速裝置で回路開閉器⑤の回轉速度を調整する。⑤はマイカルタ圓板の半圓周に銅板を埋込んだもので接觸子⑦によつて電源を半回轉ごとに斷續する。⑩は1圖に示した測定器本体で水を流した恒温槽⑪の中に入れておく。⑧は水の入口で⑨は出口である。熱電

對  $T_1$  および  $T_2$  は冷接點 (圖には示していない) を經て檢流計  $G_1, G_2$  に接続せられ、溫度變化は記錄用圓筒⑥上のプロマイド紙に記錄される。

測定は抵抗②を加減して 0.8~1.0 A 程度の電流が加熱用抵抗線、に流れるように調整しつつ行ふ。抵抗線には開閉器⑤によつて矩形波電流が流れて、こゝに矩形溫度波分を生ずる。この溫度波は銅圓筒の表面に捲いてある折層と呼ばれるガラステープを通る間に高次波は減衰して電流の強さ、斷續の週期、分析層の厚さ等を適當に選べば溫度波が試料の表面に達する時には正しい正弦波となる。分析層の厚さは實驗的に決定すれば良い、正弦波の溫度波は中心に向つて進行する。數時間の後には正弦波狀に振動する準定常狀態に達する。定常狀態に達したか否かは  $T_1$  あるいは  $T_2$  を第三の檢流計  $G_3$  (圖には示していない) に切換えてその振れを眺めておれば知るこ

とができる。定常狀態に達したことを知れば  $G_3$  の讀みから  $T_1$  および  $T_2$  の平均溫度を讀んで試料の平均溫度を測定する。その後  $T_1, T_2$  をそれぞれ  $G_1, G_2$  に切換えてその波分を⑥の圓筒上のプロマイド紙に記錄して、これから位相差  $\phi_0$  を求める。プロマイド紙には更に 10 秒毎に時刻の記錄をも撮るようにした。恒溫槽に流す水量を變えるかあるいは水の代りに氷を用いると試料の平均溫度を低めることができる。

試料の含水率測定の詳細につい

ては第 1 報を参照されたい。簡単に説明すれば試料の重量を  $W$ 、 $100^\circ\text{C}$  の恒溫槽で數時間乾燥し重量變化のなくなつた後の重量を  $W_0$  とせば重量含水率  $G = (W - W_0) / W_0 \times 100\%$  として求めることができる。

#### 4. 測定裝置の感度

この測定裝置の要點は水分の移動を防止して測定することである。若しも試料内の溫度分布が均一を缺くと高温部より低温部へ水分の移動が行われる。試料中の水分移動を防止する見地から試料に印加する溫度波の週期および振幅はできるだけ小さいことが望ましいが、これは實驗に使用する測定器具によつて制限を受ける。

いま 3 圖の如く一般に  $n$  個の熱電對を直列に接続し、この兩端より補償導線を經て檢流計  $G$  に導き熱電對の熱起電力を測定して溫度を測定する場合を考えてみる。

熱電對の要素の抵抗をそれぞれ  $R_1, R_2$  導線の抵抗を  $R_3$ 、檢流計の内部抵抗を  $R_4$  とし、1 個の熱電對に生ずる熱起電力を  $e$  とすれば檢流計の兩端に生ずる電位差は

$$E = \frac{neR_1}{n(R_1 + R_2) + R_3 + R_4} \dots\dots\dots (13)$$

で表わされる。熱電對に使用した金屬の比抵抗をそれぞ

れ  $\rho_1, \rho_2$  としその長さおよび半徑を  $l$  および  $r$  とすれば

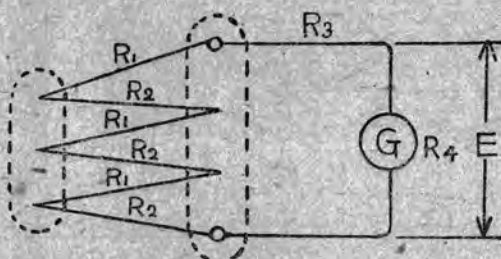
$$R_1 \approx \rho_1 l / \pi r^2, \\ R_2 \approx \rho_2 l / \pi r^2$$

更に  $eR_4 = A, R_3 + R_4 = B$  および  $l(\rho_1 + \rho_2) / \pi = C$  とおけば(13)式は次のように書ける。

$$E = nAr^2 / nC + Br^2 \dots\dots (14)$$

實際の測定に當つては熱電對全體としての太さを或程度以下に保たなければ位相差測定の誤差が大きくなつて使用することができない。いまこの熱電對全體としての許容範圍を半徑  $a$  なる圓とすれば熱電對の數  $n$  を増すにしたがい用いる熱電對の半徑  $r$  は小さいものを用いねばならない。各熱電對は互に絶縁しなければならぬので、この事を見込んで半徑  $a$  なる圓の中に  $n$  個の熱電對を入れる時の半徑  $r$  を 1 表のように選ぶこととする

熱電對として銅—コンスタンタンを用いる場合には銅の比抵抗  $\rho_1 = 0.017 \times 10^{-9} \Omega \text{cm}$ 、コンスタンタンの比抵抗  $\rho_2 = 0.50 \times 10^{-9} \Omega \text{cm}$  である。 $l = 50 \text{cm}$  にとれば  $C = 0.823 \times 10^{-3}$ 、 $R_1$  は  $R_2$  に比較して小さく  $B \approx R_4 = 8.5 \Omega$  である。 $a$  の大いさを決めるには溫度波が表面から中心に向つて進む時の位相差の増加する有様を知らねばならない。この有様は  $F_0$  の値によつても異なるが位相差の増加は中心に近づくにしたがいだんだん小さくなつてくるので  $a/R = 0.1$  なる如く  $a$  の値をとつても誤差は約 1.5% にすぎない。實際の測定裝置においては  $R = 1 \text{cm}$  であるから  $a = 0.1 \text{cm}$  となる。



3 圖 溫度測定回路

1 表 熱電對の數と半徑との關係

$m$	1	2	3	4	5
$r/a$	0.40	0.33	0.24	0.24	0.10

2 表

$m$	$E$
1	0.1109 A
2	0.1997 A
3	0.2523 A
4	0.2813 A
5	0.1007 A



以上の数値を(14)式に代入して検流計の両端に生ずる電位差を比較すると2表の如くなる。すなわち $n=4$ の時 $E$ の値が最大でこの時測定装置の感度が一番大きくなり、

$$E=0.2813A=2.391e \quad (15)$$

となる。この時の熱電対の半径 $r=0.024cm$ 、すなわち直径約 $0.5mm$ の線を用いれば良いことを知る。

使用している検流計の電圧感度は $9.25 \times 10^{-6} V/mm$ である。測定に當つてプロマイド紙上温度波の振幅が $10mm$ ある事を必要とするとせば検流計の両端の電位差は $E=9.25 \times 10^{-5} V$ あることを要す。この値を(15)式に代入して $e=3.86 \times 10^{-5} Volt$  (16)を得る。すなわち銅-コンスタンタン熱起電力にして $0.0386mV$ なることが必要である。これを温度に換算すると $0.0094^{\circ}C$ の温度差に相當する。これより最良感度の状態においては圓筒の中心における温度波の振幅を $0.01^{\circ}C$ にしても測定出来る事を知る。

## 5. 鋸屑の熱擴散率及び熱傳導率の含水率による變化

最初に鋸屑の吸濕状態を規定する色々の關係を求めておく。

$W$  = 含水量( $gr$ )

$M_0$  = 乾燥状態における試料の重さ( $gr$ )

$M$  = 吸濕状態における試料の重さ( $gr$ ) =  $M_0 + W$

$V$  = 測定容器の體積( $c \cdot e$ )

$\rho_{s0}$  = 乾燥状態における原木材の密度( $gr/c \cdot e$ )

$K$  = 熱擴散率( $cm^2/sec$ )

とすると

$$i) \text{ 重量含水率 } G = \frac{W}{M_0} \times 100 (\%) \quad (17)$$

$$ii) \text{ 見掛けの密度 } \rho = \frac{M}{V} = \rho_0 (1+G) \quad (18)$$

$$iii) \text{ 乾燥状態における密度 } \rho_0 = \frac{M_0}{V} = \frac{\rho}{1+G} \quad (19)$$

$$iv) \text{ 比熱 } C = \frac{C_0 + G}{1+G} \text{ 但し } C_0 = 0.304 \text{ (第1報による)} \quad (20)$$

$$v) \text{ 熱傳導率 } \lambda = KC\rho \quad (21)$$

$$vi) \text{ 容積含水率 } \nu = \frac{W}{V} = G\rho_0 \quad (22)$$

$$vii) \text{ 氣孔率 } P = V - \frac{M_0}{\rho_{s0}} \quad V = 1 - \frac{\rho_0}{\rho_{s0}} \quad (23)$$

こゝに氣孔率とは單位體積中に含まれた鋸屑の容積を引去つた残りの空氣容積を指す。一般に木材は含水するとその體積を増加するものであるが、いま假りに體積を増加しないものとすれば乾燥状態における鋸屑を考えればよく、したがつて氣孔率は上式の如くに書き表わすことができる。(23)式を書き直すと

$$\rho_0 = \rho_{s0} (1-P) \quad (24)$$

この式と(18)式とより

$$\rho = \rho_{s0} (1-P)(1+G) \quad (25)$$

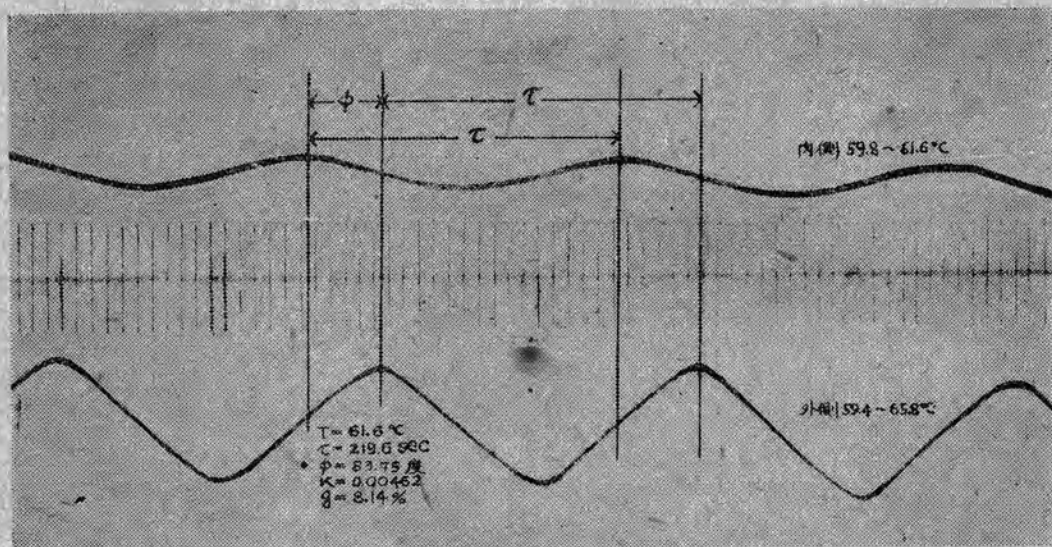
もしも含水と共に木材の體積の増加する事を考慮に入れるならば

$$\rho = \rho_{s0} (1-P)(1+G)/f(G) \quad (26)$$

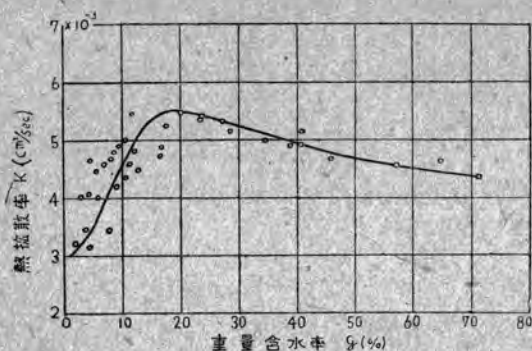
ただし  $f(G)=1 \quad G=0$  ;  $f(G) > 1 \quad G > 0$

となる。

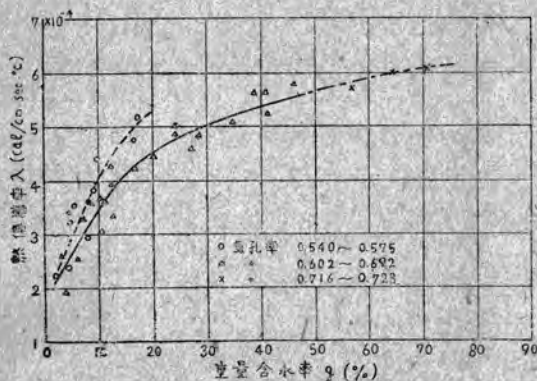
(20)、(21)および(25)式より熱傳導率 $\lambda$ は次の様に書き



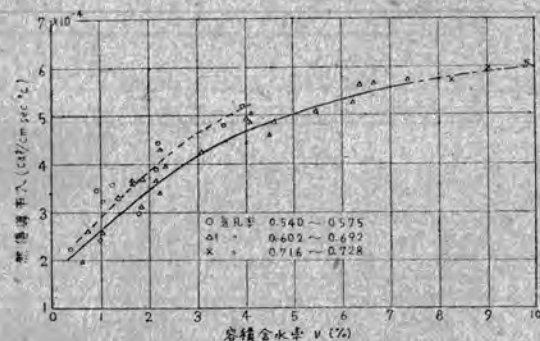
4 圖 位相差測定のおシログラムの一例 (タイムラインは 10 秒間隔)



5 圖 重量含水率による熱伝導率の変化



6 圖 重量含水率による熱伝導率の変化



7 圖 容積含水率による熱伝導率の変化

第 3 表 乾燥状態における松の熱伝導率

	種 類	熱 傳 導 率 $\lambda(\text{cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot \text{oc}) \times 10^4$	
		繊維に型直	繊維に平行
Marks	松	3.34	7.68
冷凍、昭22年 5. 6月號 P22	松 米	4.50	11.80
測 定 値	松	3.89	8.24

表わされる。

$$\lambda = K(G) \cdot \frac{C_0 + G}{1 + G} \cdot \rho_{80} (1 - P)(1 + G) \dots (27)$$

$$\text{または } \lambda = K(G) \cdot \frac{C_0 + G}{1 + G} \cdot \rho_0 (1 + G) \dots (28)$$

試料に用いた鋸屑の原木材は松で測定には7ないし18メツシュのものを用いた。4圖に位相差測定のアシログラムの一例を示す。5圖は重量含水率Gと熱伝導率Kとの関係を圖示せるものである。含水率Gの小さい間は含水率の増加と共に熱伝導率Kも増加するが、G=20%付近でKは最大となり、それ以後は含水率が増すにしたがつてKは反つて減少する。

6圖に重量含水率Gと熱伝導率λとの関係を示す。實線は氣孔率が0.602ないし0.692の測定點を結んだものであり、破線は氣孔率が0.540ないし0.575のもの、鎖線は氣孔率0.716ないし0.728の測定點を結んだものである。氣孔率Pの値は(23)式から計算した。 $\rho_{80}$ は松の乾燥状態における密度で測定の結果得た0.51なる値を用いた。含水率が約20%程度までは含水率が増すと共に熱伝導率も急激に増加するが、含水率がそれ以上の所では熱伝導率の増加の割合はゆるやかになる。7圖は重量含水率を(22)式によつて容積含水率に直してこれと熱伝導率との関係を示したものである。前の場合と同様に $v=4\%$ まではλ急激に増加しているが $v$ が4%以上ではλの増加は除々である。

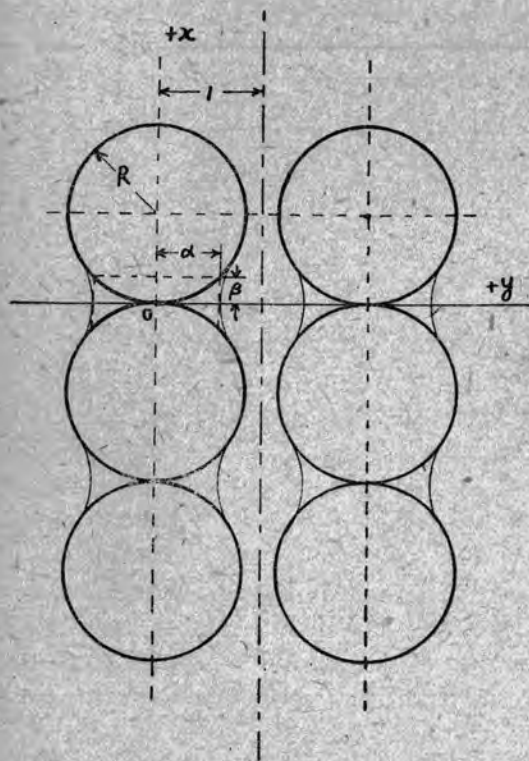
## 6. 實驗結果による影響

### i) 氣孔率による影響

(27) 式よりわかる様に熱伝導率λは含水率Gの外に氣孔率Pにも関係する。これは(26)式より明らかな様に見掛けの密度ρが含水率Gと氣孔率に關係する爲である。氣孔率Pによる熱伝導率λの變化を取り除いて含水率Gのみによるλの變化を見るには(28)式よりわかる様に測定點の中から乾燥状態における密度 $\rho_0$ の等しいものを選び出せば良い。 $\rho_0$ の等しいものを選び出すことは(24)式より氣孔率の等しいものを選び出すことに相當する。6圖および7圖に示した測定點のうち氣孔率が0.7臺のものは測定點の数が少ないのでこれを除いて、氣孔率が0.5臺のものと0.6臺のものを比較してみると、氣孔率の小さい方の熱伝導率が大きく、その變化は(27)式による氣孔率の變化をほぼ満足している。

### ii) 木材の熱傳導率の含水率による變化

鋸屑の含水率による熱傳導率の變化を定性的に説明するにはまず原木材の熱傳導率が含水率によつて如何に變化するかを知らねばならない。木材の熱傳導率は一般に纖



8 圖 木 材 の モ デ ル

維に垂直方向と平行方向とではその値に大きい差がある。松の熱伝導率についての測定値を3表に示す。しかしながらこれ等木材が吸湿した状態における熱伝導率の値はほとんど知られていない。西藤氏等<sup>(2)</sup>は杉について繊維に垂直方向の熱伝導率は重量含水率が30%まではほとんど変化なく、含水率がこれ以上増加して来ると熱伝導率が増加してくる事を報じている。

これ等の実験結果を定性的に説明する爲に8圖の如き木材のモデルを考えてみる。すなわち木材の實質部分から出来ている半径Rなる球が直列に互に接したものが並列にならんでいるモデルを考え、これによつて木材の熱伝導率の含水率による変化を考えてみる。

a) 乾燥状態における繊維に平行方向の熱伝導率

8圖のモデルにおいて等温面はx軸に垂直であると考え、 $x=0$  から  $x=R$  までの熱抵抗  $\delta_1$  は

$$\delta_1 = \int_0^R \frac{dx}{\lambda_s A_s + \lambda_g A_g} \dots\dots\dots (29)$$

ここに  $\lambda_s$  および  $\lambda_g$  は固体および氣體(空氣)の熱伝導率で  $A_s$  および  $A_g$  は距離  $x$  での固体および氣體の面積である。

空隙がなく全部が固体の時の熱抵抗  $\delta_1'$  は

$$\delta_1' = \int_0^R \frac{dx}{\lambda_s A_s} = \frac{R}{4\lambda_s} \dots\dots\dots (30)$$

$$\text{いま } \delta = \delta_1 / \delta_1' \dots\dots\dots (31)$$

とおけば求める繊維に平行方向の熱伝導率は

$$\lambda_{11} = \lambda_s / \delta \dots\dots\dots (32)$$

となる。 $\lambda_g / \lambda_s = g$  において上の積分を行うと求める熱伝導率として次式を得る。

$$\lambda_{11} = \frac{\lambda_s}{R\pi(1-g)\sqrt{\frac{4}{\Delta}} \tanh^{-1} \frac{R}{\sqrt{\Delta}}} \dots\dots\dots (33)$$

$$\text{ただし } \Delta = R^2 + \frac{4g}{\pi(1-g)}$$

b) 乾燥状態における繊維に垂直方向の熱伝導率  
等温面をy軸に垂直と考えればこの場合の熱伝導率を計算できる。前と同様の計算によつて次の式を得る。

$$\lambda_{\perp} = \frac{\lambda_s}{\frac{1-R}{g} + \frac{4R}{\pi(1-g)\sqrt{\Delta'}} \tanh^{-1} \frac{R}{\sqrt{\Delta'}}} \dots\dots\dots (34)$$

$$\text{ただし } \Delta' = R^2 + \frac{4gR}{\pi(1-g)}$$

いま  $R=0.9$  および  $\lambda_s = 30 \times 10^{-4} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$  と選ぶと

$$\lambda = 7.89 \times 10^{-4} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\perp} = 3.73 \times 10^{-4} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$$

となつて3表の測定値にほぼ一致する結果を得る。

c) 吸湿状態における繊維に平行方向の熱伝導率

含水率の小さい間は8圖に示した如く固体球と固体球との接觸部分に水分が凝結しているものとする。

$\lambda_e$  を液体(水)の熱伝導率、 $A_e$  を液体の面積とし  $\lambda_e / \lambda_s = l$  においてこの場合の熱伝導率を計算すると次の如くなる。

$$\lambda_{11} = \frac{\lambda_s}{R\pi(1-l)\sqrt{\frac{4}{\Delta''}} \left\{ \tanh^{-1} \frac{R}{\sqrt{\Delta''}} - \tanh^{-1} \frac{R-\beta}{\sqrt{\Delta''}} \right\} + \frac{4}{R\pi(1-g)\sqrt{\Delta}} \tanh^{-1} \frac{R-\beta}{\sqrt{\Delta}}} \dots\dots\dots (35)$$

$$\text{ただし } \Delta'' = \frac{\alpha^2(1-g)}{1-l} + \frac{4g}{\pi(1-l)} + R^2$$

$$\Delta = R^2 + \frac{4g}{\pi(1-g)}$$

$\alpha, \beta$  については8圖参照のこと

d) 吸湿状態における繊維に垂直方向の熱伝導率

この場合の計算結果は次の如し



$$\lambda \perp = \frac{1-R}{g} + \frac{4R}{\pi(1-g)} \left\{ \frac{\lambda s}{\sqrt{\Delta III}} \tanh^{-1} \frac{R}{\sqrt{\Delta III}} - \tanh^{-1} \frac{\alpha}{\sqrt{\Delta III}} \right\} + \frac{4R}{\pi(1-l)} \left\{ \frac{\lambda s}{\sqrt{\Delta IV}} \tanh^{-1} \frac{R}{\sqrt{\Delta IV}} - \tanh^{-1} \frac{\alpha}{\sqrt{\Delta IV}} \right\} \quad (36)$$

$$\Delta III = R^2 + \frac{4gR}{\pi(1-g)}$$

$$\Delta IV = R^2 + \frac{4lR}{\pi(1-l)}$$

$$\text{また重量含水率 } G = \frac{\pi \beta^2}{12R \rho_{so}} (3R - 2\beta) \dots (37)$$

更に  $\alpha^2 = \beta(2R - \beta)$  なる関係がある。乾燥状態における木材のモデルより  $R=0.9$  なる事を知つた。また實測により  $\rho_{so}=0.51$  である。故に含水率  $G$  を與えると  $\beta$  がわかりしたがつて熱傳導率の計算が可能となる。ただしこの場合の液體、氣體はそれぞれ水および空氣であるから

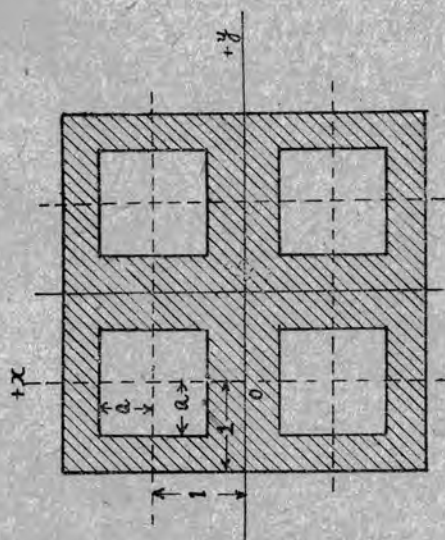
$$g = 0.61 \times 10^{-4} / 30 \times 10^{-4} = 0.0203$$

$$l = 14.44 \times 10^{-4} / 30 \times 10^{-4} = 0.481$$

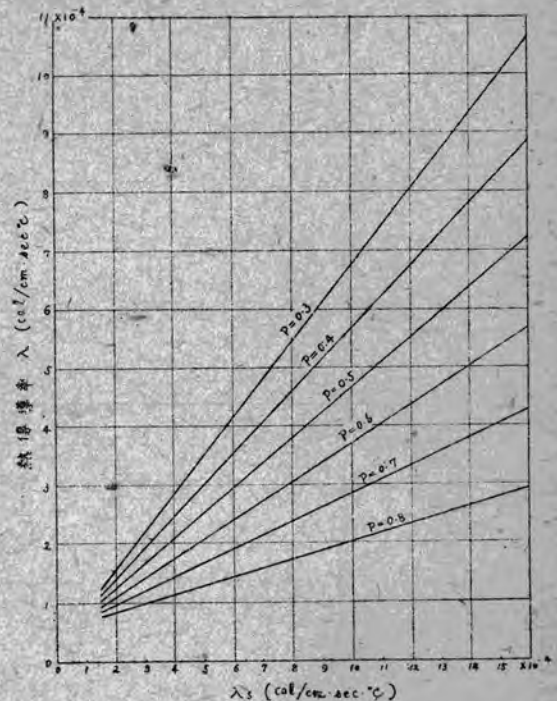
である。11 圖の曲線③および④はそれぞれ(35)および(36)式より計算した含水率による木材の熱傳導率の變化を圖示せるものである。

### iii) 鋸屑のモデル

松の含水率による熱傳導率の變化を定性的に説明するモデルを得たから次にこれを用いて鋸屑のモデルを考えてみる。簡單のために鋸屑の集合状態を9圖に示す如く一邊が  $a$  なる正六面體の空隙が方形詰になつてゐる様な状態であると假定する。熱傳導率が  $\lambda s$  なる固体を碎いて



9 圖 鋸屑のモデル



10 圖

多孔質の物質となす時の熱傳導率  $\lambda$  は  $\lambda s$  に比してかなり小さい値のものとなる。これは細く碎かれた物質間に熱傳導率の小さい空氣の層が入り込むことによる。なお熱傳導率  $\lambda$  は固体の熱傳導率  $\lambda s$  の外に氣孔率  $P$  によつて變化することは明らかである。9圖のモデルによつて熱傳導率を計算すると次の様になる。

$$\lambda = \frac{\lambda s}{(1-a) + \frac{a}{1-a^2+ga^2}} \dots (38)$$

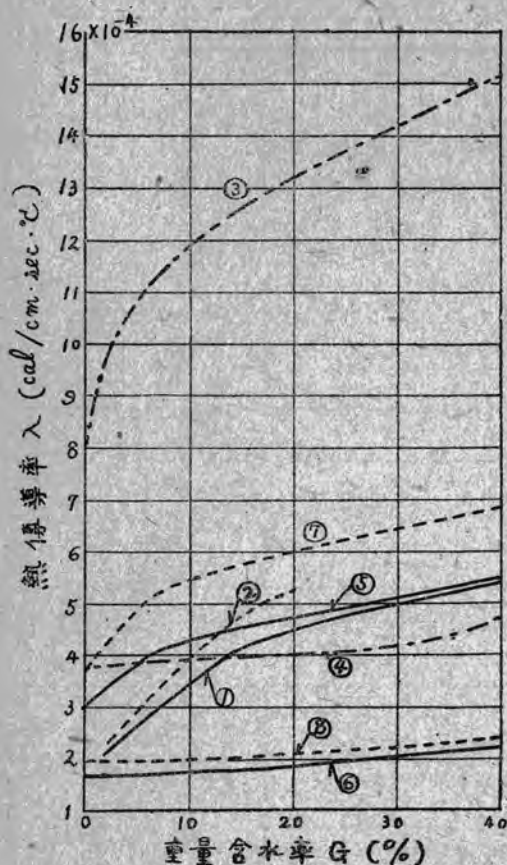
ただし  $g = \lambda g / \lambda s$  で  $\lambda g$  は今の場合に空氣の熱傳導率である。

$$\text{なお氣孔率は } P = 8a^3/8 = a^3 \dots (39)$$

である。(38)および(39)式より氣孔率  $P$  をパラメーターとして  $\lambda s$  と  $\lambda$  との關係を計算した結果を10圖に示すこの圖は例えば  $\lambda s = 6 \times 10^{-4}$  なる値を有する木材を氣孔率  $P=0.4$  に粉碎するとその熱傳導率  $\lambda = 3.5 \times 10^{-4}$  cal/cm·sec·°Cになる事を示している。

11 圖の曲線⑤、⑥、⑦および⑧は木材の熱傳導率と10圖の結果とから氣孔率  $P=0.6$  および  $0.5$  の場合の鋸屑の計算値の上限および下限値を示す。上限値および下限値はそれぞれ木材の纖維に平行および垂直方向の熱傳導率から計算した値である。

上述の如く木材の熱傳導率は方向性を有し、纖維に平行方向の値が最も大きく、これに垂直方向の値が最も小



- ① 鋸屑の測定値  $P=0.602\sim0.692$
- ② 〃  $P=0.540\sim0.575$
- ③ Model による木材(松)の熱傳導率, 纖維に平行
- ④ 〃 纖維に垂直
- ⑤ 鋸屑の計算値の上限  $P=0.6$
- ⑥ 〃 の下限  $P=0.6$
- ⑦ 鋸屑の計算値の上限  $P=0.5$
- ⑧ 〃 の下限  $P=0.5$

11 圖 木材及び鋸屑の熱傳導率

さい。鋸屑の集合状態はこれ等方向性を有する小さな木片が全く任意の方向を向いて集合している状態である。故に鋸屑のある含水率における熱傳導率を求めるには、その含水率における木材の各方向の値の平均値を採つて計算すれば良い。しかしこの積分を求めることは困難である。たゞ鋸屑についての實測値を示す 11 圖の曲線①および②がそれぞれ⑤、⑥および⑦、⑧の兩限界値の間にある事を知つて満足しなければならない。また實測値の曲線は  $G$  の小さい時の立上りが急であり、これを説明するには 9 圖以外のモデルを考えなければ不満足であろう。更に木材のモデルにおいても含水率がある程度大きくなつた所では並列にならんでいる球體間にも水分を考えなければならないであろう。

## 7. 結 言

斷熱材料として多量に用いられている鋸屑の吸濕状態における熱傳導率の變化を知ることは實用的見地からも重要なことである。この目的に適する測定装置として、試料を入れた圓筒の表面に正弦的に變化する温度波を與える週期的方法を用いた。含水率による鋸屑(松)の熱傳導

率の變化は 6 圖および 7 圖に示す。含水率が 20% 程度までは含水率と共に熱傳導率は急に増加するが、それ以後の増加の仕方はゆるやかとなる。含水率が十數%において乾燥状態の 2 倍の熱傳導率を有することとなりこの事は鋸屑を熱絶縁材料として用いる時には充分考慮すべき事柄である。

この結果を原木材の熱傳導率の含水率による變化から説明することは仲々困難である。それは木材の熱傳導率が方向性を有すること、濕潤によつて木材の體積が増加して来る膨潤性があり、この膨潤の程度が含水量の増加と平行せざること、その他同じ種類の木材においても中心部、周邊部等場所によつて異なることおよび木材の履歴によつて幾分物理的性質に差ができてくることなどが考えられるからである。こゝでは極く簡単な木材と鋸屑のモデルを想定して鋸屑の熱傳導率が含水率によつてどの程度變り得るかを考察してみた。

最後に實驗の一部に協力下さつた所内實習生市川君に深く感謝の意を表す次第である。

## 文 献

- (1) 棚澤泰：機械學會論文集 第 2 卷 第 8 號 昭 11 年 8 月 P352
- (2) 西藤、龍谷：應用物理 VOL. 17, No. 5 昭 23 年 5 月 P100

# 代 用 フ ィ ツ シ ュ 紙 に つ い て

戦後の優秀資材の入手難中においてフィツシュ紙の代用品を撰定することが出来、同時にフィツシュ紙の耐熱性及び優秀なる機械的強度を再確認することができた。

尾 島 學 二  
野 口 英 男  
研 究 所

## Ⅰ 緒 言

フィツシュ紙は別名ローハイドペーパー、レザーペーパーともよばれているもので、木綿繊維を用いて抄いた紙を化学的に処理し、繊維をアミロイドにかえた上、これを壓搾乾燥したもので、絶縁紙の中で耐熱性と機械的強度がすぐれており、電気機械の層間絶縁や溝絶縁には缺くべからざるものである。

しかし戦後原料物資の不足、あるいは粗悪のため優秀なフィツシュ紙の製造が困難となり、電機製造者は甚だしい入手難に出あつた。

これに對して製紙會社においもこれが打開策として、入手容易なる原材料及び副資材を用いた代用フィツシュ紙を製造した。

筆者等はこれについて、實用的見地にたつて試験を行つたので、それをこゝに報告する。

この試験によつてフィツシュ紙の優秀性を再確認すると共に、代用フィツシュ紙のあるものは實用上従来のものに劣らないことを知り得た。

## Ⅱ フィツシュ紙の日本規格

参考のため電気 2364 號絶縁紙の内フィツシュ紙に相等する、絶縁紙第5種1號～4號 (P7251～P7254) について略記する。

組成により分類すれば1表の通りである。いずれも化学處理したものであるが、從來フィツシュ紙と稱したのは、主として P7251 及び P7252 であり、P7253 の場合もあつ

1 表

記 號	組 成	
	木 綿	クラフト
P 7251	100%	0
P 7252	70%	30%
P 7253	50%	50%
P 7254	0%	100%

たが、P7254 にはフィツシュ紙の名稱はなかつた。

## イ) 試 験

P7251～P7254に對する、J.E.S. の試験値は2表の通りである。

## Ⅱ 試 料

この試験に使用した試料を3表に示す。

2 表

記 號	公 稱 厚 さ mm	平 均 厚 さ 差 mm	水 分 %	灰 分 %	密度 g/cm <sup>3</sup>	抗 張 力 kg/mm <sup>2</sup>		伸 %		絶縁耐力 KV/mm	加 熱 試 験
						タテ	ヨコ	タテ	ヨコ		
P 7251 及P7252	0.10 0.13 0.18 0.25	±0.015 ±0.018 ±0.022 ±0.025	10 以下	1.0 以下	0.95 ~1.2	5.0 以上	2.0 以上	1.5 以上	3.0 以上	7.5 以上	140°C 15°C 24時間 空中及 油中で 處理後 著しく 脆化し たり、 色調の 變化し ないこ と。
P 7253 及P7254	0.30 0.40 0.50 0.80	+0.030 ±0.035 ±0.045 ±0.060									

加熱試験以外は全部常態での試験である



3 表

試料 番號	品 名	製造元	厚 さ	備 考
①	フィッシュ紙	A	0.1mm	當社手持品
②	加工クラフト紙	A	0.1mm	23年5月紙抄 7月入手
③	代用フィッシュ紙	B	0.1mm	24年1月下旬 入 手
④	同上	B	0.2mm	同 上
⑤	同上	C	0.1mm	24 年 2 月 下 旬 入 手

#### Ⅳ 試験項目

常態で試験すると同時に、實用状態での特性を知る爲にイ),ウ),エ),オ),カ),の試験を行った。

##### ア) 常態での試験

- (1) 厚 さ
- (2) 抗張力及び伸
- (3) 破裂強度
- (4) 引裂強度
- (5) 耐折度
- (6) 絶縁耐力

イ) 爐中で  $140^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  24時間 (毎日8時間宛3日間) 処理後の試験項目はア) の (1)~(6) に同じ。

ウ) 絶縁油中で  $140^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  24時間 (毎日8時間宛3日間) 処理後の試験項目はア) の (1)~(6) に同じ。

エ) 常溫水中に 10 分間浸漬した後の試験  
項目はア) の (1)~(6) に同じ。

オ) 断続注水 2 時間後及びそれを乾燥させた後の伸縮度試験。

カ) 加熱処理 (イ) 及びウ) 後の伸縮度試験

#### Ⅴ 試験方法

##### ア) 厚さの測定

巾 15mm 長さ約 240mm の抗張力試験片、タテ、ヨコ兩方向から各 5 枚宛を採り、シヨツパー式測微計により各片毎に 10 ヶ所宛測定し、その最大、最小及び平均値を採る。

##### イ) 抗張力及び伸の測定

縦及び横方向に巾 150mm、長さ 240mm の試料を各 5 枚宛採り、標點距離 180mm で、シヨツパー式抗張力試験器により、切斷荷重及び伸を測定し、その最大、最小及び平均値を採る。

抗張力の算出はア) で測定した各試片の平均厚と巾の積で、切斷荷重を除す。厚さは加熱処理を行うものは処理後測定したものを用い、また浸水処理を行うものは浸水処理前に測定したものを用いる。

##### ウ) 破裂強度の測定

巾約 30mm 長さ約 150mm の試料を 2 枚採り、アスクロフト式破裂強度試験器により、各片ごとに 6 ヶ所宛測定し、その最大最小及び平均値を採る。

##### エ) 引裂強度の測定

縦及び横方法に巾 63mm、長さ 38mm の試料を 4 枚 (あるいは 2 枚) を 1 組とし、各 2 組宛を採り、エレメンドルフ式引裂強度試験器により、4 枚 (あるいは 2 枚) を一重ねにして測定し 16 枚重ねの値に換算する。

##### オ) 耐折度の測定 (Holding test)

縦及び横方向に巾 15mm 長 120mm の試料を各 5 枚宛採り、シヨツパー式耐折度試験器により、切斷するまでの回数を測定し、その最大、最小及び平均値を採る。

試料を取り付けた最初の状態において、これに加わる張力は 0.3kg に調整する。

##### カ) 再絶縁耐力の測定

約 150mm × 200mm の試料 2 枚を採り、各試片を周邊に 1mm の丸味をつけた徑 25mm の平圓板電極間に約 500g の力ではさみ、50~ または 60~ の正弦波電圧を加えて破壊電圧を測定する。測定點は各片ごと 5 ヶ所としその最大、最小、及び平均値を採る。

絶縁耐力は破壊電圧が厚さに比例するものとして、1mm 當に換算して求める。

厚さは各試片について 30 點宛測定しその平均値を採る。また加熱処理を行うものは処理後測定したものを用い、浸水処理を行うものは処理前に測定したものを用いる。

##### キ) 注水及び乾燥による伸縮度の測定

縦及び横方向から巾 20mm 長さ約 250mm の試料を各 3 枚宛採り、標點間を 200mm として上端を保持し、下端に重量 54.5gr の金物を取りつけ吊した状態で、上部から断続注水し常に濕潤した状態で 2 時間保つた後、その長さを測定し伸びを計算する。次にこれを吊したままの状態で約 20 時間常溫常濕の室内に放置乾燥させた後、その長さを測定し縮みを計算する。

伸び及び縮みの算出は次式による。

注水による伸

$$= \frac{(\text{注水 2 時間後の標點間距離}) - 200}{200} \times 100\%$$

乾燥による縮

$$= \frac{200 - (\text{乾燥後の標點間距離})}{200} \times 100\%$$

##### ク) 加熱処理による伸縮度の測定

爐中加熱処理及び絶縁油中加熱処理を行う抗張力試験片タテヨコ兩方向 (巾 15mm 長さ約 240mm) 各 5 枚宛について、処理前及び処理後の厚さ (各片ごと 10 ヶ所

宛), 及び長さを測定し次式により計算する。

加熱処理による伸

$$= \frac{(\text{処理後の寸法}) - (\text{処理前の寸法})}{(\text{処理前の寸法})} \times 100\%$$

なお試料のタテ, ヨコ方向は下圖の通り定めて行つた。



## Ⅶ 試験結果

上記により測定した結果を要約して表示すれば4表の

4 表 代用フィツシュ紙試験結果總括表

測定状態 試料	常 態					空中 24 時間 140°C 加熱後				
	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5
厚 さ mm	0.120	0.097	0.100	0.200	0.122	—	—	0.108	0.186	0.132
抗 張 力 kg/mm <sup>2</sup>	タテ 5.66 ヨコ 1.92	タテ 4.79 ヨコ 2.96	タテ 6.28 ヨコ 3.39	タテ 5.67 ヨコ 3.30	タテ 3.96 ヨコ 2.99	タテ 4.80 ヨコ 2.17	タテ 4.88 ヨコ 4.98	タテ 4.01 ヨコ 2.31	タテ 1.31 ヨコ 0.79	タテ 3.66 ヨコ 1.54
伸 %	タテ 3.72 ヨコ 7.40	タテ 2.72 ヨコ 5.64	タテ 2.84 ヨコ 6.20	タテ 3.45 ヨコ 10.2	タテ 3.42 ヨコ 5.08	タテ 3.76 ヨコ 6.32	タテ 2.96 ヨコ 2.70	タテ 2.32 ヨコ 3.40	タテ 1.90 ヨコ 1.75	タテ 3.1 ヨコ 2.58
破 裂 lb/in <sup>2</sup>	51.1	35.8	39.9	77.4	42.4	45.5	31.3	25.8	8.97	12.5
引 裂 度 kg/cm <sup>2</sup>	3.58	2.51	2.80	5.44	2.98	3.20	2.20	1.81	0.63	0.875
16枚當り	44	28	56	156	64	32	10	30	14	23
耐 折 度	タテ 1139 ヨコ 1794	タテ 892 ヨコ 767	タテ 4097 ヨコ 4405	タテ 1854 ヨコ 3248	タテ 3444 ヨコ 2432	タテ 287 ヨコ 1852	タテ 146 ヨコ 1083	タテ 4.2 ヨコ 7.2	タテ 0 ヨコ 0	タテ 0 ヨコ 0
破壊電圧 KV	0.99	0.78	0.74	1.09	0.97	1.06	0.80	0.71	1.13	0.85
絶縁耐力 kv/mm	8.26	8.05	7.42	5.45	7.67	8.85	8.31	6.6	6.04	6.36

測定状態 試料	油中 24 時間 140°C 加熱後					10 分 間 浸 水 後				
	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5
厚 さ mm	—	—	0.107	0.186	0.133	—	—	0.124	0.240	0.165
抗 張 力 kg/mm <sup>2</sup>	タテ 4.27 ヨコ 2.16	タテ 4.28 ヨコ 2.87	タテ 2.70 ヨコ 1.24	タテ 0.731 ヨコ 0.374	タテ 1.54 ヨコ 0.24	タテ 1.93 ヨコ 1.03	タテ 1.35 ヨコ 0.96	タテ 2.20 ヨコ 0.99	タテ 1.91 ヨコ 1.32	タテ 2.31 ヨコ 0.97
伸 %	タテ 2.90 ヨコ 6.16	タテ 2.40 ヨコ 4.92	タテ 2.08 ヨコ 1.64	タテ 1.15 ヨコ 0.35	タテ 1.28 ヨコ 0	タテ 7.52 ヨコ 24.8	タテ 3.96 ヨコ 10.1	タテ 5.22 ヨコ 15.3	タテ 7.45 ヨコ 16.0	タテ 8.06 ヨコ 18.5
破 裂 lb/in <sup>2</sup>	39.3	29.2	12.6	5.52	2.75	31.3	13.3	21.4	45.5	22.6
引 裂 度 kg/cm <sup>2</sup>	2.76	2.05	0.88	0.39	0.19	2.13	0.94	1.50	3.19	1.58
16枚當り	4	2	14.8	16	15	24	22	62	132	56
耐 折 度	タテ 967 ヨコ 824	タテ 582 ヨコ 298	タテ 1.6 ヨコ 3.4	タテ 0 ヨコ 0	タテ 0 ヨコ 0	タテ 5677 ヨコ 7703	タテ 4049 ヨコ 4465	タテ 7888 ヨコ 6294	タテ 16556 ヨコ 14013	タテ 8192 ヨコ 6137
破壊電圧 KV	1.27	1.30	1.24	2.09	1.91	0.47	0.39	0.094	0.44	0.41
絶縁耐力 kv/mm	10.55	13.19	11.5	11.23	13.28	3.93	4.04	0.94	2.21	2.61

試 料	タ テ 方 向					ヨ コ 方 向				
	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5
注水による伸 %	9.5	8.0	25.7	40	6.5	0.87	0.75	8.7	10	10.3
乾燥による縮 %	0.75	0.75	0.6	2.5	1.4	1.62	1.12	1.1	1	2.4
空中加熱後伸 %	—	—	0.2	0	-0.13	—	—	0	-3.5	-0.29
油中加熱後伸 %	—	—	—	—	-0.04	—	—	—	—	0

- 3) 試料 #5 は常態では試料 #1 より抗張力はやゝ劣るが空中加熱での低下は少ないしかし油中加熱では試料 #3 以上の低下を來す。
- 4) 浸水による抗張力低下は試料 #5 が最も少ない他はほぼ同等の低下を示す。
- 5) 加熱處理による伸びは抗張力の減少に比例して變化しているが浸水によつては抗張力の減少と逆に常態の2倍位に増加している。
- 6) フイツシュ紙の強度は加熱處理によつて25%以上低下しないものである。

#### イ) 破 裂 強 度

- 1) 抗張力及び伸びとほぼ似た傾向を示している。
- 2) 試料 #4 が加熱處理によつて破裂強度を甚しく失つてゐることが目立つ。
- 3) 試料 #5 は油中加熱處理によつて破裂強度の低下を來している。
- 4) 浸水による破裂強度の低下少いものは試料 #1 及び #4 で #5 がこれに次いでいる。
- 5) フイツシュ紙の破裂強度は加熱處理によつて20%位は低下するものである。

#### ウ) 引 裂 強 度

- 1) 試料 #3 は加熱處理による引裂強度の低下が最も少い試料 #4 の低下は最も甚しい。
- 2) 試料 #1 及び #2 は油中加熱によつて引裂強度は約  $1/10$  に低下する。
- 3) 浸水によつては引裂強度はほとんど變化しない。
- 4) フイツシュ紙の引裂強度は加熱處理ことに油中加熱によつて甚しく低下するものである。

#### エ) 耐 折 度

- 1) 試料 #3 #4 及び #5 の耐折度は加熱處理によつて甚しく低下する。
- 2) 試料 #1 及び #2 は油中加熱では横目空中加熱では縦目の耐折度が半分以下に下る。その程度は試料 #2 の方が幾分甚しい。
- 3) 浸水によつて耐折度は増してくるが増し方の最も甚しいのは試料 #4 で最も小さいのは試料 #3 である。
- 4) フイツシュ紙の耐折度は油中加熱では横目空中加熱では縦目が半分以下に低下する。

#### オ) 絶 縁 耐 力

- 1) 試料 #1 及び #2 の絶縁耐力に比して試料 #3 #4 及び #5 は常態において劣つてゐる殊に #4 は甚だ低い。
- 2) 各試料と油中加熱によつて絶縁耐力をまじている。

- 3) 空中加熱によつて絶縁耐力は試料 #1 及び #4 において幾分上昇し試料 #3 及び #5 において幾分低下している。
- 4) 浸水によつて試料 #3 の絶縁耐力の低下は甚しい。
- 5) 浸水によつて絶縁耐力の低下の少いのは試料 #2 で試料 #1 がこれに次いでいる。
- 6) フイツシュ紙の絶縁耐力は加熱處理によつて上昇し浸水によつて約半分に低下する。

#### カ) 注水乾燥による伸縮度

- 1) 試料 #2 は最も小さく優秀であり試料 #1 がこれに次いでいる。
- 2) 試料 #4 の縮み試料 #5 の伸びをのぞいては各試料とも伸びは縦目が大きく縮みは横目が大きい。
- 3) 試料 #3 及び #4 は縦目横目共伸びが甚しく大きく試料 #5 は横目の伸び及び縮みが大きい。
- 4) フイツシュ紙の伸びは縦目で 10% 横目で 1% 縮みは縦目で 1% 横目で 2% 以下である。

## Ⅶ 結 言

本試験によつて代用フィツシュ紙試料 #2 は従来のフィツシュ紙に比して浸水後の破裂強度及び抗張力と空中加熱後の引裂強度及び耐折度がわずかに劣つてゐるが注水、乾燥による伸縮度と浸水及び油中加熱後の絶縁耐力において幾分優れていることを確めた。しかしこの優劣の差は僅小である。従つて代用フィツシュ紙試料 #2 は従来のフィツシュ紙の代用として充分使用出来ると考える。

代用フィツシュ紙試料 #3 #4 及び #5 は加熱處理後の諸特性及び注水、乾燥による伸縮度において甚しく劣りフィツシュ紙本来の期待にそいかなるものであつて従来のフィツシュ紙の代用として使用不可能と考える。

なお各種試験項目方法並びにその結果數値等について詳細なる検討を行うべきであるがこれについては後日の機会にゆづることにしたい。

おわりにのぞみ當社研究所石黒參事伊丹製作所中島技師をはじめ當社材料委員會の委員各位より本試験に對して種々有益なる助言をたまわつたことを付記する。



# 新 型 三 菱 電 氣 扇

従来の電気扇について、外觀の近代化を主目標に根本的に新設計し、好結果を得たのでその概略を報告する。

奥 田 文 一  
増 谷 良 久  
堀 田 鉦 太 郎  
名古屋製作所

## I 結 言

電気扇は當社製品中最も古い製品の一つであつて、戦争中はほとんど生産が中止されていたが、戦後はこの生産中止と戦災による消耗によつて國內の需要が非常に活潑になり、また輸出品として最も有望な電機品として各方面に相當數を輸出している現状である。我々としてはこれら永年の愛用を賜つた各方面の需要にこたえるため、生産増強を計ると共に最も手近な文化的調度品にふさわしい、新しいスタイルの電気扇を鋭意研究し、この程完成の上販賣したのでここに大略を紹介する。

## II 3) 檯 卓 上 扇 (NF-30型)

30檯卓上扇はいわゆる標準扇として最も一般的に使用されているもので、従来の製作經驗を生かすと共に外觀形状の流線化を計り斬進なものとし、従つて性能は従来のエトラ扇の特長を十二分に發揮した。1圖、2圖はその外觀を示す。形状については十人十色の好みがあるが、この新型扇は再三再四モデルを検討して各方面の意見を取り入れて決定された。3圖は壁掛として用いたときの外觀を示すもので、スタンドの裏板を2圖に示すように簡単に操作して用いることが出来る。

以下従来の電気扇と比較して構造と性能を説明する。

### 1. 構 造

(ア) 2圖は外形寸法を示す。

(イ) 電動機部分

首振装置全體を流線型のカバーに収めた。このために電動機の鐵心を小さくすると共に、枠に偏心して押込んだ。なお今回は電動機の保守の手數を少なくするため、全閉型としたが温度上昇は従来と變らない。

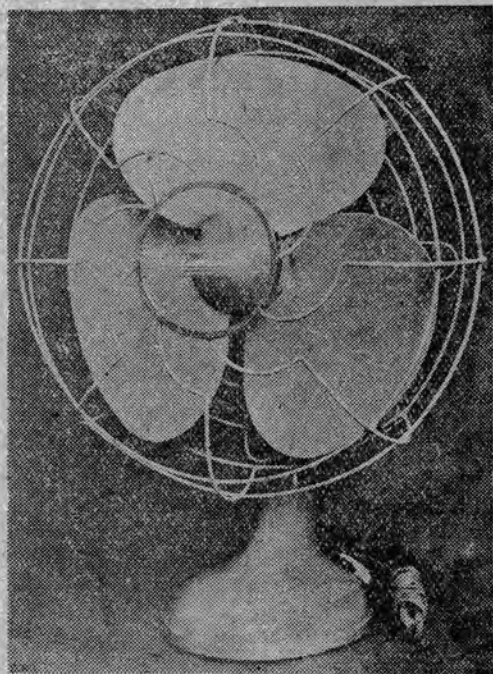
(ウ) 羽 根

羽根には従来のエトラ扇の形状を使用し、風量が大きい騒音の少ない特長を生じたが、工作法は従来のそれと異

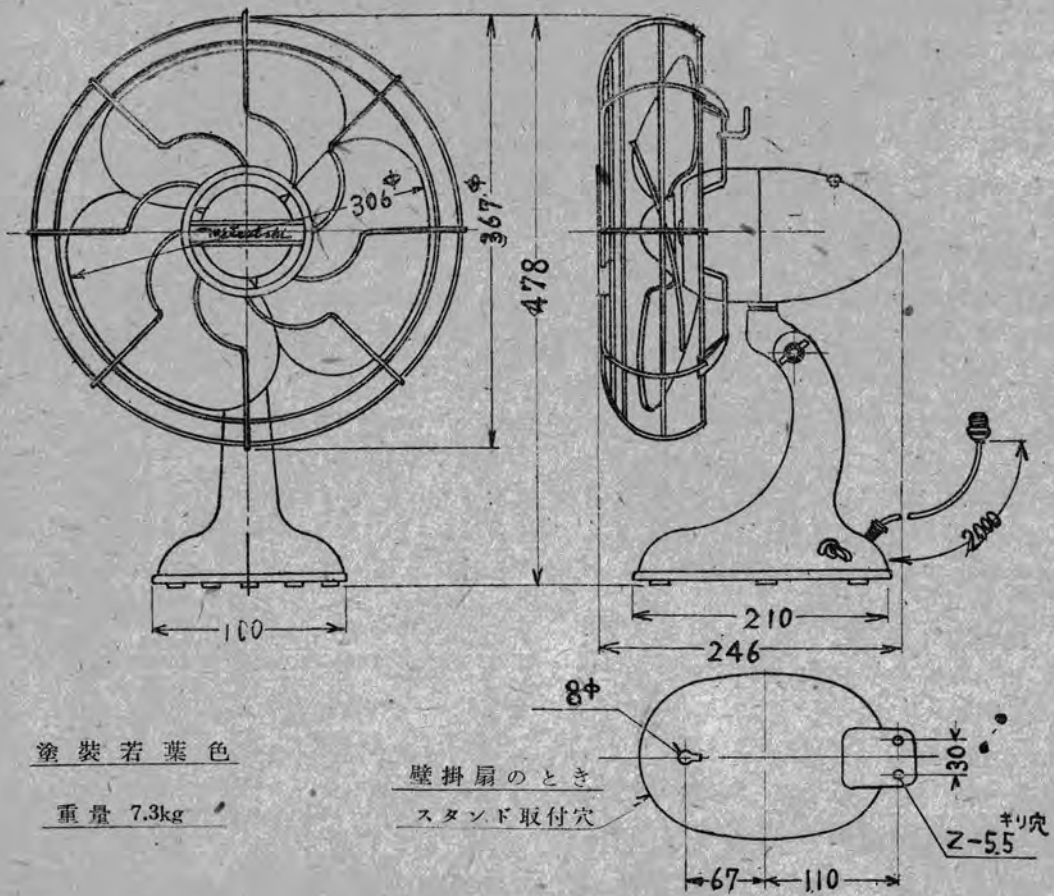
なり一枚のアルミ板から打抜いて曲げる方式とし、工作の簡易化を圖つた。これによつて一様な規定寸法が得られると共に、バランスや振動に對して従来の方式より好結果が得られた。また羽根の取付は2圖に示す通り羽根の取付ボスに流線型のスピナを設けこれと電動機本體との隙間をなるべく少なくし、電気扇全體を流線化することに努めた。なお羽根の取付取はずしには枠の下方からドライバを入れる構造としたから、その操作は容易である。

(エ) ネットベース

モータの首を固定するために、モータ部合とスタンド間に波形座金を2枚使用して、確實に任意の角度に固定出来る構造とした。



1 圖



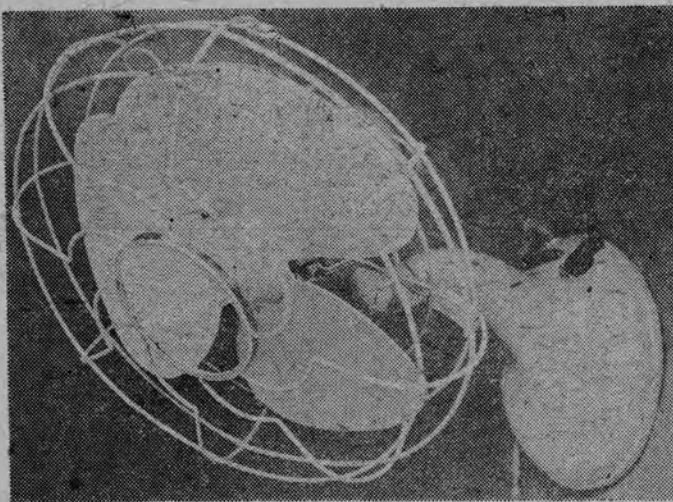
2 図 NF-30型 交流卓上扇外形図

(オ) ガード

エトラ扇のような巾廣の羽根では正面から指を入れても傷害を起さないでガードは意匠の面からも簡素化を計り中央に社名を彫刻した有機ガラス製の透明な飾銘板を取り付け、一段と涼味をそえるようにした。この反面ガードの後方は比較的細かい網目とし危険防止に重点をおき、この2個のガードを小さな當板によつて頑丈に固定する構造とした。ハンドルは従来電動機の手すりにつけるのが通例であつたが、今回は丈夫な鉄線のハンドルを直接ガードに取り付ける方法を採用した。このため流線型の意匠を損うことなく充分その目的を達することができた。

(カ) 速度調整器

速度調整器の切換は2段とした。スイッチ



3 図

チは特に早切機構とし圓滑で齒切れのよい回轉式のスイッチを取付けた。なおこのスイッチは數萬回の壽命試験によつて高度の使用にも耐えることを確認した。

#### (キ) 壁掛扇

2 圖は壁掛にするときのスタンド裏板の形狀を示す。皿ネジを取りはずすことによつて壁掛の釘に取り付けられまた頭部は適當な角度で3 圖の様に固定して用いられる様にした。

#### (ク) 安全ガードネット

幼児の危險防止のために絹製の細かい網目の安全ガードネットを用意した。これは需要者の希望に應じて付屬させる豫定である。取り付けはガードの背面で紐をしめるだけで網を十分強く張らせることが出来るから、危險防止の目的は完全にはたされる。

### 2. 性 能

電気方式は従来と同じく單相2線式で、電動機の鐵心徑は小さくした。起動方式は従来と全く同様のモノサイクリックスタートである。100V の特性を「卓上扇の輸出規格 JES 輸出 11」に對照して1 表に示す。4 圖は従来のエトラ扇と新型扇の風速曲線である。

### Ⅱ 20 型卓上扇 (NF-20型)

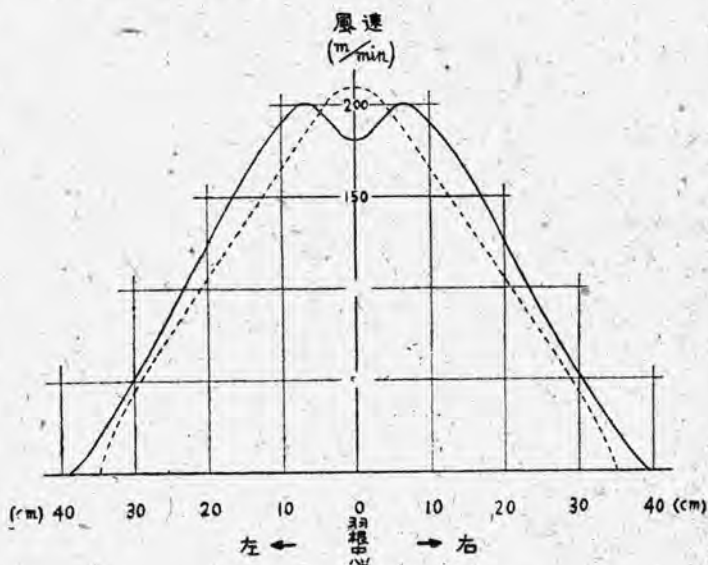
この種の電気扇は標準扇に比べて、戦前は餘り生産していなかつたが、所要電力も少なく輕便で經濟的な製品

1 表

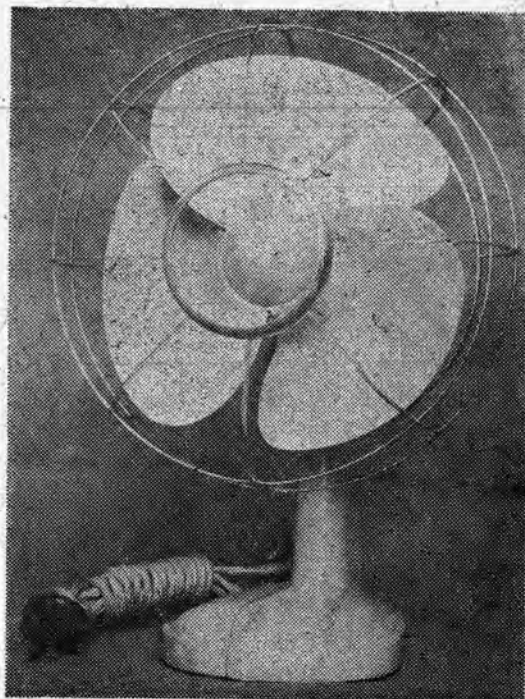
項 目	比較	輸出規格	新 型 扇		エトラ扇
		JES 輸11	100V 60 $\infty$	100V 50 $\infty$	100V 60 $\infty$
入 力 (W)		45以下	42	41	40
力 率 (%)		65以上	76.3	73.3	78
皮 相 容 量 (VA)		69	55	56	51.3
風 速 ( $m/min$ )		160以上	190	180	190
風 量 ( $m^3/min$ )		—	36	35	35
最 大 回 轉 數 (R.P.M)		—	1270	1200	1270
最 小 $\eta$ (%)		—	750	90	750
速度調整 (%)		85以下	59	75	59
起動電流 (%)		250以下	129	138	129
最低起動電壓 (V)		90以下	84	78	75
溫度上昇 (C°)		15以下	13	—	12

—— 新 型 羽 根  
 ..... 舊 型 エ トラ 羽 根  
 羽根から1米前方で測定したもの

定 格 100 V  
 60 $\infty$



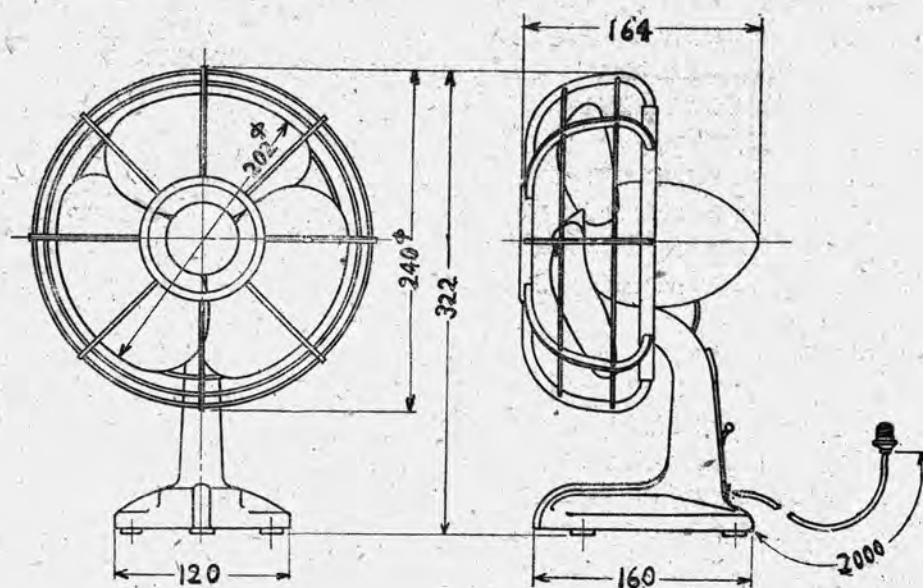
4 圖 羽 根 特 性 曲 線



5 圖



6 圖  
NF-20 型  
交流卓上扇  
外型圖



塗装 若葉色

重量 2.9kg

2 表

電 源		100V 60 $\sim$	100V 50 $\sim$
項 目			
電 流 (A)		0.278	0.275
入 力 (W)		19.5	18.5
力 率 (%)		70	67.5
皮 相 容 量 (VA)		27.8	27.5
風 速 ( $m/min$ )		135	130
風 量 ( $m^3/min$ )		17.7	16.8
回 轉 數 (R.P.M)		1350	1300
起 動 電 壓 (V)		58	49
起 動 電 流 (%)		126	140
温 度 上 昇 ( $^{\circ}C$ )		14	—

として、より一般に普及させるために計畫したものであるが、首振装置や速度調整装置はない。特に羽根は騒音や能率の點から新規に試作研究したもので風量の多いことはそのスマートな外觀と相俟つて必ず使用者の満足を得るものと確信する。小人数の一般家庭はもちろん、湯殿、化粧部屋、勉強室等に使つて便利と思われる。5圖はその外觀を示す。次に構造と性能の大略を説明する。

#### 1. 構 造

(ア) 6圖は外形寸法を示す

(イ) 電動機部分

電動機は首振装置がないからアルミダイカストの枠に入れ全體を流線化した。

(ウ) 羽 根

羽根は 30 種卓上扇と同様 1 枚のアルミ板より打抜いたもので、所要の角度に曲げる場合各々の羽根が重なる様にプレスされているので渦流を少なくし、前にも述べた様に騒音が少なく能率のよい羽根となつている。羽根の前方に流線型のスピナを設けて電動機との調和を計つた點は 30 種と同様である。

(エ) ガー ド

このガードの特長は平鋼と鐵線と組立て全體をニッケル鍍金し、涼味を一段と加えるようにした。

(オ) スイッチ

5 圖で明らかなように、小型スイッチをスタンドの後部の銘板に取り付けた。

(カ) 格納箱

荷造箱がそのまま格納箱になる様に工夫されているから格納搬送に非常に便利である。

#### 2. 性 能

電氣方式は 30 種と同様単相 2 線式で、電動機は限取線輪型である。2 表はその性能を示す。

#### IV 結 言

新型扇の試作を終え現在生産に入つていて、輸出向、國內向の需要に應ずるための量産計畫も着々準備中で、價格切下げや性能向上を目標に目下研究中であるから新型扇について、各位の御批判を仰ぎ今後の改良の資に供したいと考えている。

## 新製品紹介



## P-100-F(10吋)

### ダイヤトーン・パーマネント ダイナミック・スピーカー

P-100-F (10吋) スピーカーは 高級電気蓄音器、  
擴聲装置用に高能率を發揮します。  
スペシャルフリーエッジの素晴らしい音量、音質をお  
聞き下さい。



可動線輪インピーダンス	3.5 Ω	高 さ	118 耗
出力變成器インピーダンス	5000 Ω	重 さ	3.3 耗
使 用 眞 空 管	2A3		

### 「三菱電機」 VOL. 23 NO. 4 掲載内容

絶縁ワニスの内部乾燥と絶縁抵抗……………	白 井
Fe 不純物が Al およびその合金に……………	長谷川
及ぼす影響 (第二報)	
半波型倍壓整流回路の解析……………	北 垣
鋸屑の熱常數に及ぼす濕潤の影響 (第1報) ……	尾 島
濕潤による比熱の變化……………	長川
電熱線の近況……………	堀原
運轉中における變壓器の絶縁油漏過……………	吉 待
直流電磁接觸器の接觸子材料……………	崎澤
	島
新製品紹介	

### 「三菱電機」 VOL. 23 NO. 6 内容豫定

水晶共振子に對する連續變化周波數の勵振作用…	薄 井
粒度分布測定法に關する一試案……………	山 下
自動射出成型機用制御裝置……………	吉 野
	大須賀
BK 型イグニションダイナモ……………	宮 崎
RK 型自動電壓調整器……………	
冷媒中の水分と絶縁抵抗に關する實驗……………	大 野
	服 部
Heaviside 演算子法に對する新しい考察と……………	菅 野
その電氣回路解析における應用 (XVI)	
新製品紹介	

## 「三 菱 電 機」 VOL. 23 NO. 5

昭和24年9月10日印刷

【禁無斷轉載】

昭和24年9月15日發行

定價1部 金15圓 (送料共)

編輯兼發行人

小 林 稻 城

印 刷 者

大 橋 松 三 郎

印 刷 所

博 文 堂 印 刷 所

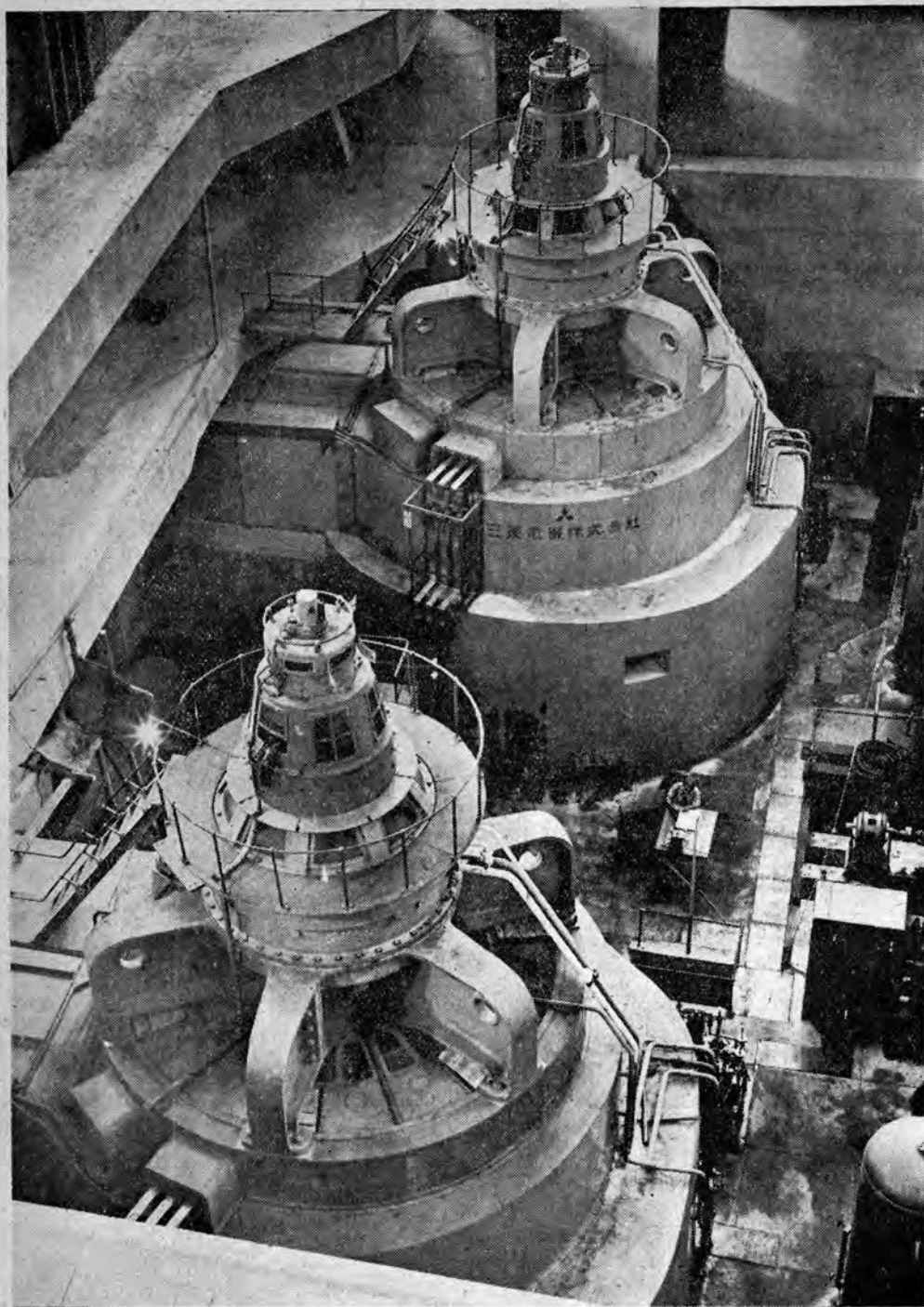
發 行 所

東京都千代田區丸の内2丁目2番地

三菱電機株式會社内

「三 菱 電 機」編輯部

電話丸之内四 3 3 4 4 (C)  
日本出版協會會員番號B213013



## 16,000 KVA 水車発電機

本機は神奈川県相模川発電所へ納入した水車発電機であつて、終戦後初めて完成したものである。

特長とするところは出力大きさを制限し、蓄電池効果を補うために蓄電池を附し、振止軸受は半分受金を採用している。

### 仕 様

▲主 発 電 機  
出力 16,000 KVA    力 率 87.5 %    電 壓 11,000 V  
周波数 50 ~    速 度 214 r.p.m. 極 数 28  
堅軸フランシス型、通風方式、閉路式閉鎖通風型  
回転子蓄勢輪効果 830,000 kg M<sup>2</sup>  
線路充電容量 10,000 KVA (9500 V において)

▲主 勵 磁 機  
出力 130 K.W.    電 壓 220 V    速 度 214 r.p.m.  
堅 軸 差働分巻  
▲副 勵 磁 機  
出力 10 K.W.    電 壓 110 V    速 度 214 r.p.m.  
堅 軸 複巻



東京・丸ビル

三菱電機株式会社